



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* E COMPOSTOS FENÓLICOS EM
MORANGOS (*Fragaria X ananassa* Duch): INFLUÊNCIA DA CULTIVAR, SISTEMA
DE CULTIVO E PERÍODO DE COLHEITA**

CRISTIANE COPETTI

FLORIANÓPOLIS
2010

CRISTIANE COPETTI

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* E COMPOSTOS FENÓLICOS EM
MORANGOS (*Fragaria X ananassa* Duch): INFLUÊNCIA DA CULTIVAR, SISTEMA
DE CULTIVO E PERÍODO DE COLHEITA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roseane Fett

FLORIANÓPOLIS

2010

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* E COMPOSTOS FENÓLICOS EM
MORANGOS (*Fragaria X ananassa* Duch): INFLUÊNCIA DA CULTIVAR, SISTEMA
DE CULTIVO E PERÍODO DE COLHEITA**

Por

Cristiane Copetti

Dissertação aprovada como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos, pela Comissão formada por:

Presidente: _____
Prof.^a. Dr.^a. Roseane Fett (UFSC)

Membro: _____
Prof. Dr. Jorge Mancini Filho (USP)

Membro: _____
Prof. Dr. Jorge Luiz Barcelos Oliveira (UFSC)

Membro: _____
Prof.^a. Dr.^a. Edna Regina Amante (UFSC)

Coordenador: _____
Prof.^a. Dr.^a. Renata Dias de Mello Castanho Amboni (UFSC)

Florianópolis, 12 de Março de 2010.

*Aos meus pais Alda e Luiz Carlos
e ao meu noivo Lucas,
pelo amor e apoio incondicional,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, pelas bênçãos e por este particular momento.

À minha família, meus pais Alda e Luiz Carlos e aos meus irmãos Luiz Rodrigo e Rafael, pelo apoio material e emocional durante todo o percurso deste trabalho.

Ao meu amor Lucas Scherer, pelo incansável apoio, pelo carinho, pelo companheirismo e compreensão durante este período.

À professora Dr^a Roseane Fett pela acolhida e pela oportunidade.

Aos companheiros e amigos do Laboratório de Química de Alimentos, obrigada pelo auxílio às análises e em muitos momentos de dificuldade, por compartilharem seus conhecimentos e experiências, pela convivência, pela amizade e os inúmeros cafezinhos.

Meu agradecimento especial a minha mais que colega, Graciele Borges, que além de uma parceira de análises e trabalhos, tornou-se uma amiga e companheira de todas as horas. Obrigada por todo o apoio e carinho.

Aos colegas de turma, em particular as amigas Bruna Mattioni, Stefany Arcari e Carla Mello pela amizade e afinidade encontrada e à colega Aline Bartels também por nossa convivência sob o mesmo teto e troca mútua de apoio.

“Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.”

Antoine de Saint- Exupéry

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, aos docentes e demais funcionários pela dedicação e apoio fornecidos.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudos concedida.

Ao Laboratório de Hidroponia, sob responsabilidade do Prof. Dr. Jorge Barcelos e ao pesquisador Fabiano Bertoldi pela doação das amostras para a realização deste trabalho.

Igualmente aos produtores do município de Rancho Queimado - SC e ao Engº. Agrônomo responsável Carlos Frischknecht, que foi essencial no contato com os produtores e coleta das amostras.

À família Backes: Sinara, Natália, Inês e Vilmar, obrigada pela acolhida e amizade.

A todos os meus familiares e amigos que me apoiaram e souberam entender minhas ausências.

Minha gratidão também aqui é expressa a todos aqueles a quem direta ou indiretamente, citados aqui ou não, colaboraram para a realização deste trabalho.

“A perfeição não é alcançada quando não há mais nada a ser incluído, a perfeição é alcançada quando não há mais nada a ser retirado.”

Antoine de Saint- Exupéry

COPETTI, C. **Atividade antioxidante *in vitro* e compostos fenólicos em morangos (*Fragaria X ananassa* Duch): influência da cultivar, sistema de cultivo e período de colheita.** 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, [2010].

RESUMO

Neste trabalho foram avaliados a atividade antioxidante, os compostos fenólicos e o conteúdo de minerais de cultivares de morango produzido nos sistemas de cultivo convencional e orgânico, provenientes do município de Rancho Queimado – SC, bem como pelo sistema hidropônico proveniente do Laboratório de Hidroponia, localizado no município de Florianópolis – SC. Foram coletadas amostras de morangos das cultivares 'Albion' e 'Aromas' durante a safra de 2008/2009 totalizando cinco meses de colheitas. No sistema hidropônico houve apenas uma colheita da cultivar 'Albion'. A fim de avaliar a atividade antioxidante total foram utilizados os métodos ABTS (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina)-6-ácido sulfônico), DPPH (2,2-difenil-1 picrilhidrazila) e FRAP (poder de redução do ferro). O método Folin-Ciocalteu foi aplicado para quantificar os teores de fenólicos totais, o método DMACA (p-dimetilaminocinamaldeído) para os teores de flavanóis totais e para antocianinas monoméricas totais foi aplicado o método por diferença de pH. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e foi aplicado Tukey para determinar o nível de significância. Análise de componentes principais (PCA) foi avaliada para definir os agrupamentos das amostras de acordo com as variáveis estudadas. Os resultados mostraram que existe diferença significativa entre os sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico quanto ao conteúdo de compostos fenólicos, atividade antioxidante total (ABTS e FRAP) e conteúdo de alguns minerais. Entre as cultivares 'Albion' e 'Aromas' houve diferença significativa apenas para a atividade antioxidante total medida pelo método DPPH, entretanto para os sistemas de cultivo convencional e orgânico, verificou-se diferença significativa para todos os parâmetros analisados. E quando comparados os diferentes períodos de colheita verificou-se influência destes nas variáveis estudadas. Os dados encontrados neste estudo sugerem que para um melhor aproveitamento nutricional dos fitoquímicos em morangos é preciso considerar não só os métodos de cultivo como também o período em que esse fruto é colhido.

Palavras-chave: morango, atividade antioxidante, compostos fenólicos, sistemas de cultivo, convencional, orgânico, hidropônico.

COPETTI, C. **Antioxidant activity *in vitro* and phenolics composition of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch): influence of cultivar, agricultural system and harvest period.** 88 p. Dissertation (Master Degree in Food Science) – Center of Agricultural Sciences, Federal University of Santa Catarina, [2010].

ABSTRACT

In this paper the antioxidant activity, phenolic compounds and mineral contents of different cultivar of strawberry cultivated under conventional and organic agricultural systems obtained from Rancho Queimado – SC, as well as strawberry cultivated under hydroponic agricultural system obtained from Laboratory of Hydroponics, located at Florianópolis – SC were analyzed. Strawberries samples of cultivar 'Albion' and 'Aromas' during 2008/2009 harvest, totalizing five months, were collected. For the hydroponic system there was just one sample collect of cultivar 'Albion'. In order to evaluate the total antioxidant activity, ABTS (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfonic acid), DPPH (2,2-difenil-1 picrilhidrazila) and FRAP (ferric reducing antioxidant potential) methods were applied. Folin-Ciocalteu method was applied to quantify total phenolic compounds, DMACA (p-dimetilaminocinmaldeído) method was applied to quantify total flavanols and to quantify the total monomeric anthocyanins it was applied the pH difference method. The obtained data were submitted to the variance analysis (ANOVA) being applied the Tukey method to determine significance levels. Principal compounds analysis (PCA) was applied to define the sample groups according to the studied variables. Results showed a significant difference between conventional, organic and hydroponic agricultural system regarding phenolic compounds contents, total antioxidant activity (ABTS and FRAP) and contents of some minerals. Among cultivar 'Albion' and 'Aromas' there was significant difference only for total antioxidant activity measured by DPPH method, however for conventional and organic agricultural systems, it was verified a significant difference for all parameters analyzed. When the different harvest periods were compared, it was noticed the influence of them in the studied variables. Results found in this analysis, can suggest that for higher nutrition use of phytochemicals in strawberries it is necessary to consider not just the agricultural system but the harvest period as well.

Keywords: strawberry, antioxidant activity, phenolic compounds, agricultural system, conventional, organic, hydroponic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura molecular dos quatro grupos dos flavonóides. Fonte: Martínez-Flórez et al. (2002).	22
Figura 2 - Estruturas das antocianinas encontradas em alimentos. Fonte: Jakson (1994) citado por Mamede e Pastore (2004).	23
Figura 3 - Atividade antioxidante <i>in vitro</i> pelos métodos ABTS e FRAP de morangos cultivados pelos métodos convencional, orgânico e hidropônico.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeitos dos diferentes sistemas de cultivo nos teores de umidade (%) e sólidos solúveis (°Brix) em morangos cultivar Albion.....	49
Tabela 2 - Conteúdo de minerais em morango (<i>Fragaria X ananassa</i> Duch) cultivar 'Albion' produzido sob os sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico em mg.100g ⁻¹ de amostra.....	51
Tabela 3 - Efeitos dos diferentes sistemas de cultivo nos conteúdos de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais (mg.100g ⁻¹) em morangos cultivar 'Albion'.	53
Tabela 4 – Parâmetros climáticos observados durante o ciclo de colheita (2008 – 2009) de morango na região de Rancho Queimado – SC, Brasil.	72
Tabela 5 - Teores de umidade e sólidos solúveis totais (SST) durante os diferentes períodos de colheita em morangos cultivares Albion e Aromas produzidos sob os sistemas de cultivo convencional e orgânico.	73
Tabela 6 - Resumo da análise de variância (ANOVA) para o conteúdo de fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante total (AAT); valores de F e sua significância (p) para as variáveis.	75
Tabela 7 - Conteúdo de fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante total (AAT) em morangos cultivar Albion e Aromas produzidos sob diferentes sistemas de cultivo e analisados em diferentes períodos.....	77
Tabela 8 - Correlação entre as variáveis fenólicos totais, flavanóis totais, antocianinas monoméricas totais e atividade antioxidante total.	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1	17
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
1.1 Morango	18
1.2 Compostos Fenólicos.....	20
1.3 Sistemas de cultivo	24
1.4 Influência dos sistemas de cultivos nos compostos antioxidantes	28
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO 2	40
1 INTRODUÇÃO	43
2 MATERIAL E MÉTODOS	44
2.1 Reagentes.....	44
2.2 Amostras	45
2.3 Preparo das amostras.....	45
2.4 Determinação de umidade e sólidos solúveis totais	46
2.5 Determinação do conteúdo de minerais.....	46
2.6 Preparo dos extratos.....	46
2.7 Determinação do conteúdo de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais.....	47

2.8 Determinação da atividade antioxidante <i>in vitro</i>	48
2.8.1 Método ABTS	48
2.8.2 Método FRAP	48
2.9 Análise estatística	49
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.1 Umidade e sólidos solúveis totais	49
3.2 Determinação do conteúdo de minerais.....	50
3.3 Determinação do conteúdo de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais.....	53
3.4 Atividade Antioxidante Total.....	55
3.4.1 Métodos ABTS e FRAP	55
4 CONCLUSÃO.....	58
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
CAPÍTULO 3	64
1 INTRODUÇÃO	67
2 MATERIAL E MÉTODOS	68
2.1 Reagentes.....	68
2.2 Amostras	68
2.3 Preparo das amostras.....	69
2.4 Determinação de umidade e sólidos solúveis totais	69
2.5 Preparo dos extratos.....	69

2.6 Determinação do conteúdo de fenólicos totais	70
2.7 Determinação do conteúdo de flavanóis totais	70
2.8 Determinação do conteúdo de antocianinas monoméricas totais	70
2.9 Determinação da atividade antioxidante total	71
2.10 Análise estatística	71
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
3.1 Determinação dos teores de umidade e sólidos solúveis totais	72
3.2 Determinação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante total	74
3.3 Análise de componentes principais (PCA)	80
4 CONCLUSÃO.....	83
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

1 INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) está entre os frutos mais populares, sendo a espécie de maior expressão entre as pequenas frutas, consumido *in natura* ou na forma de produtos manufacturados (OLIVEIRA et al., 2005). Rico em vitaminas e minerais possui elevado poder antioxidante, associado aos componentes fenólicos, aos pigmentos e também às altas quantidades de ácido elágico, ácido fólico e ácido ascórbico. Vários estudos têm mostrado que o morango apresenta elevada atividade antioxidante, a qual está relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos (HEINONEN; MEYER; FRANKEL, 1998; VINSON et al., 2001; SUN et al., 2002; ZHANG et al., 2008).

A composição química de frutos depende de fatores como a genética, a maturidade e as condições de cultivo. Geralmente, a genética de uma planta influencia a composição de metabólitos secundários, sendo que diferentes cultivares podem apresentar conteúdos de metabólitos secundários distintos entre si (KOSAR et al., 2004; SCALZO et al., 2005; ATKINSON et al., 2006; DA SILVA et al., 2007).

A síntese de compostos fenólicos é uma resposta da planta a agressões ou estresses sofridos pela ação de predadores, exposição excessiva aos raios solares, estresse hídrico e fatores genéticos, o que sugere que eles têm um papel protetor na prevenção desses danos externos aos quais a planta está exposta (ASAMI et al., 2003; SCALZO et al., 2005; ATKINSON et al., 2006).

Desta forma, alguns autores têm observado que o conteúdo dos compostos fenólicos nas frutas tem variado expressivamente quando comparados os sistemas de cultivos, diferentes localidades, tipos de solo, radiação ultravioleta, clima e diferentes cultivares (WANG; ZHENG; GALLETTA, 2002; ASAMI et al., 2003; HAKALA et al., 2003; CAPOCASA et al., 2008; WANG et al., 2008; GIOVANELLI; BURATTI, 2009; TULIPANI et al., 2009).

A ampla gama de fatores que podem afetar a composição dos alimentos faz com que as investigações sobre o valor nutricional de alimentos produzidos por

diferentes sistemas de cultivo sejam difíceis de serem estabelecidas e interpretadas. Assim, estudos nesta área devem ser aprofundados em função do aumento da produção e do consumo de alimentos obtidos através de métodos alternativos de cultivo que visam reduzir o uso de contaminantes (BOURN; PRESCOTT, 2002).

Dentro desse contexto, o principal objetivo do presente trabalho foi caracterizar a composição dos frutos de cultivares de morangueiro produzidos em diferentes sistemas de cultivo (convencional, orgânico e hidropônico) sobre o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Morango

O morangueiro é uma planta pertencente à família das Rosáceas e ao gênero *Fragaria*. A espécie cultivada *Fragaria X ananassa* Duch resulta da hibridização de três espécies americanas (*Fragaria chiloensis*, *Fragaria virginiana* e *Fragaria ovalis*) (LIMA, 1999).

Os morangos são frutos falsos, sobre os quais se encontram os aquênios, que são os frutos verdadeiros (SANHUEZA, 2005). Os frutos verdadeiros são pequenos, duros e superficiais, comumente conhecidos como sementes (CAMARGO; PASSOS, 1993). Barroso et al. (1999) classificam os seus frutos em “frutos múltiplos”, esses quando maduros têm até cinco centímetros de diâmetro e a coloração pode ser rosada, vermelha ou púrpura.

A temperatura e o fotoperíodo determinam o comportamento fisiológico do morangueiro, a medida que diminuem, estimulam sua floração e frutificação. No verão, o fotoperíodo é maior e a temperatura mais elevada, o que determina o fim do período produtivo. Por outro lado, o vigor e a capacidade produtiva das plantas estão relacionadas as temperaturas mais baixas (período de vernalização) e aos dias mais curtos (FILGUEIRA, 2000).

As cultivares de morangueiro podem ser divididas em três classes distintas, de acordo com o fotoperíodo: cultivares de dias longos, de dias neutros e de dias curtos. Em geral, as exigências da cultura de morangueiro vão de 380 a 700 horas com temperaturas entre 2°C e 7°C. As cultivares que atendem essas características de fotoperíodo são conhecidas como de dias curtos. Já as que apresentam floração e frutificação o ano todo, em temperaturas de 10 a 28°C são chamadas de cultivares de dias neutros. No Brasil são utilizadas as cultivares de dias neutros e de dias curtos, sendo essas de maior destaque na produção nacional (SANTOS, 1999; ASSIS, 2004; CASTRO et al., 2004; VERDIAL, 2004;).

O morango está entre os frutos mais populares, sendo a espécie de maior expressão entre as frutas pequenas, consumido *in natura* ou na forma de produtos manufaturados (OLIVEIRA et al., 2005). É um importante fruto comercial com excelente potencial para o processamento, sendo cultivado em quase todos os países do mundo (KOVAČEVIĆ et al., 2008; ZHANG et al., 2008).

É um fruto com grande adaptabilidade, tanto ao ambiente em que está inserido quanto ao método de cultivo e manejo empregado, característica essa, que permite seu cultivo desde regiões frias até regiões quentes, como o centro-oeste brasileiro (CALVETE et al., 2008).

No Brasil, a produção de morangos se expande a cada ano, estimando-se uma produção anual de 100 mil toneladas, com área ocupada de 3.500 ha. Sua produção está concentrada nas regiões sul e sudeste, sendo os principais estados produtores Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo, Distrito Federal e Goiás (ANTUNES et al., 2007).

Em Santa Catarina, a cultura do morango está distribuída em 29 municípios, que somam 363 produtores e cultivam 128,6 hectares (ha). A produtividade média de frutos no estado varia entre 12 e 60 t/ha, com média de 28,4 t/ha, variando em função do clima das regiões e do sistema de cultivo adotado. Os municípios de Rancho Queimado (210 produtores e 55 ha) e de Águas Mornas (80 produtores e 25 ha) no Leste e Água Doce (1 produtor e 21 ha) no Noroeste, respondem por 78,5% da área de morangos cultivados no estado, com uma produtividade média de frutos acima de 45 t/ha. As principais cultivares exploradas no estado são a Camarosa, Diamante, Oso Grande, Aromas, Camiño Real, Tudla, Seascape e Ventana (NESI; VERONA; GROSSI, 2008).

Produtores rurais têm ampliado gradativamente as áreas de cultivo de morango devido à sua popularidade e grande demanda de consumo (CALVETE et al., 2008). Existe um interesse crescente por pesquisas com morangos devido à sua excelente fonte de antioxidantes dietéticos (HAKKINEN; TORRONEN, 2000; SUN et al., 2002; WANG; ZHENG; GALLETTA, 2002).

Diversos estudos têm mostrado que o morango apresenta atividade antioxidante elevada, a qual está relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos (HEINONEN; MEYER; FRANKEL, 1998; VINSON et al., 2001; SUN et al., 2002; ZHANG et al., 2008), incluindo ácidos hidroxicinâmicos, ésteres, ácido elágico, taninos, flavanóis, flavonóis e antocianinas (MÄÄTTÄ-RIIHINEN et al., 2004; OLSSON et al., 2006) e ácido ascórbico (PROTEGGENTE et al., 2002; GUO et al., 2003).

Comparado a outras frutas, tais como ameixa, laranja, uva vermelha, kiwi, toronja rosa, uva branca, banana, maçã, tomate, pêra e melão, Wang, Cao e Prior (1996), verificaram que o morango apresentou a maior atividade antioxidante total. Em outro estudo, o morango apresentou atividade antioxidante de 2 a 11 vezes maior do que maçã, pêsego, pêra, uva, tomate, laranja e kiwi (SCALZO et al, 2005).

1.2 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são os principais grupos de metabólitos secundários produzidos pelas plantas, em resposta a estresses causados por fatores edafoclimáticos ou mesmo por agressores, como insetos, microrganismos, entre outros (KEUTGEN; PAWELZIK, 2007).

Esses compostos englobam desde moléculas simples até aquelas com elevado grau de polimerização. Possuem estrutura variável e multifuncional, por isso apresentam propriedade antioxidante (SHAHIDI; NACZK, 1995; PODSEDEK, 2007). Quimicamente são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais e estão presentes nos vegetais nas formas livres ou conjugados (LEE et al., 2005).

Os compostos fenólicos possuem considerável atividade biológica atribuída à capacidade de sequestro de radicais livres. Podem também promover a reação oxidativa *in vitro*, agindo como pró-oxidantes, ao atuarem sobre metais, reduzindo-os

e aumentando a formação de radicais livres e peróxidos (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

Entre os principais compostos fenólicos encontrados em morangos podem-se destacar os flavonóis: quercetina, kaempferol, kaempferol-3-(6'-cumaroil) glicosídeo, as antocianinas: cianidina-3-glicosídeo, pelargonidina, pelargonidina-3-glicosídeo, pelargonidina-3-rutinosídeo e os ácidos fenólicos: 3,4,5-trihidroxifenil-ácido acrílico, éster de glicose (E) ácido p-cumárico e ácido elágico (ZHANG et al., 2008).

O principal grupo dos compostos fenólicos presente no morango é o grupo dos flavonóides, estes têm demonstrado propriedades antioxidantes e anticarcinogênicas (MEYERS et al., 2003; CAPOCASA et al., 2008; TULIPANI et al., 2009).

Os flavonóides estão amplamente distribuídos em frutas e vegetais e têm sido estudados principalmente por causa de seu potencial antioxidante benéfico à saúde (AHERNE; O'BRIEN, 2002; JURANIĆ; ZIZAK, 2005). A atividade dos antioxidantes, por sua vez, depende de sua estrutura química (Figura 1). Apresentam-se frequentemente oxigenados e podem ser encontrados, tanto no estado livre (aglicona ou genina) como na forma de glicosídeos, também chamados heterosídeos (ligados a açúcares) (ZUANAZZI; MONTANHA, 2003).

Possuem efeitos na proteção de plantas frente à radiação ultravioleta. Além disso, produzem pigmentação e funcionam como atraentes de animais agentes polinizadores (HARBONE; WILLIAMS, 2000 apud ZUANAZZI; MONTANHA, 2003).

Nos frutos de morangueiros destacam-se os flavonóides pigmentados, denominados antocianinas. A pigmentação é influenciada por muitos fatores, incluindo o número de grupos hidroxila e metoxila no anel B da antocianidina, a presença de ácidos aromáticos esterificados ao esqueleto principal e o pH do vacúolo no qual tais compostos estão armazenados (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004).

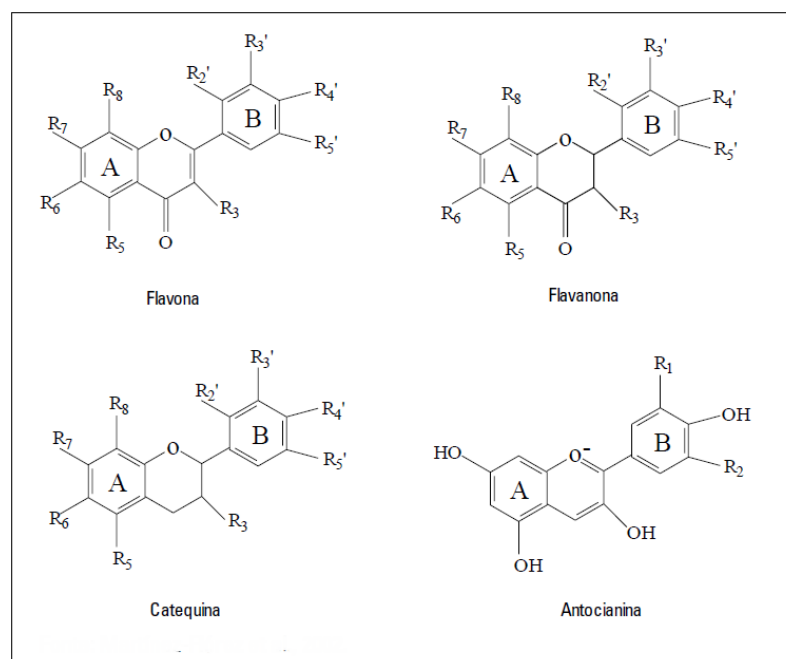


Figura 1 - Estrutura molecular dos quatro grupos dos flavonóides. Fonte: Martínez-Flórez et al. (2002).

As antocianinas são incluídas na lista dos compostos naturais capazes de agir como potentes antioxidantes e seu potencial antioxidante é regulado por suas diferenças na estrutura química. Variando a posição e os tipos de grupos químicos nos anéis aromáticos das antocianinas, a capacidade de aceitar elétrons desemparelhados de moléculas de radicais também varia. Seu potencial antioxidante também é dependente do número e da posição dos grupos hidroxilas e sua conjugação (Figura 2) (GALVANO et al., 2004; KUSKOSKI et al., 2004).

No morango as antocianinas estão presentes em concentrações elevadas, o que contribui significativamente para a atividade antioxidante total deste fruto (MEYERS et al., 2003; CAPOCASA et al., 2008; PINTO; LAJOLO; GENOVESE, 2008). Várias pesquisas correlacionam o potencial antioxidante do morango com as antocianinas presentes nos frutos (HEO; LEE, 2005; KLOPOTEK et al., 2005; KEUTGEN; PAWELZIK, 2008).

Estudos de Hassimotto et al. (2005) e Pinto, Lajolo e Genovese (2008) observam também a influencia das antocianinas sobre a capacidade antioxidante de

morangos, comprovando que estas são responsáveis por 52% a 92% do conteúdo total de flavonóides.

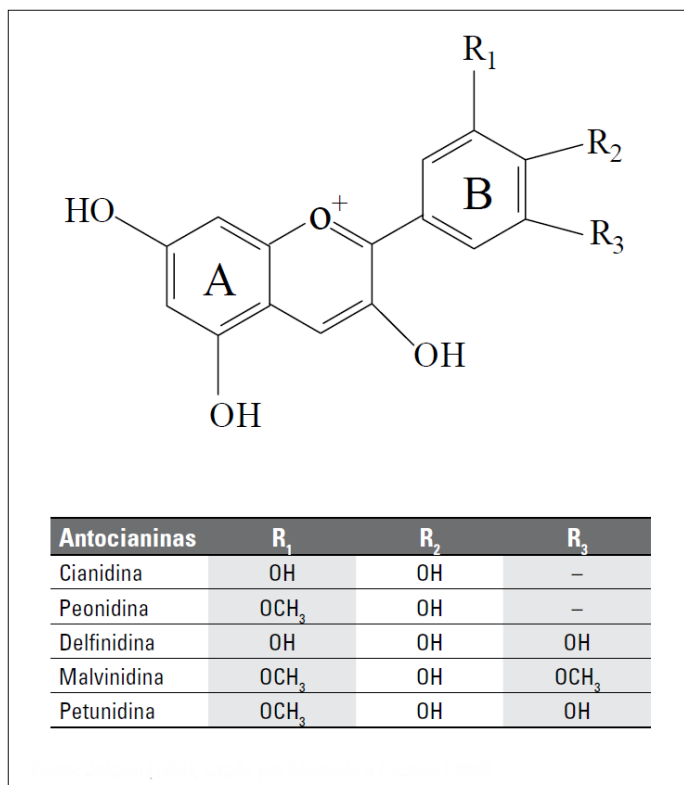


Figura 2 - Estruturas das antocianinas encontradas em alimentos. Fonte: Jakson (1994) citado por Mamede e Pastore (2004).

De acordo com Wang; Zheng; Galletta (2002) a cianidina 3-glicosídeo e a pelargonidina 3-glicosídeo são quase que exclusivamente responsáveis pela coloração vermelha do morango. Meyers et al. (2003) também demonstraram valores expressivos de antocianina cianidina 3-glicosídeo.

1.3 Sistemas de cultivo

As práticas agronômicas interferem no crescimento e na composição química das plantas, podendo ser utilizadas para manipular o crescimento, rendimento e otimizar a produção de compostos bioativos nos frutos (ATKINSON et al., 2006).

A agricultura convencional e orgânica são as principais práticas culturais utilizadas na produção dos alimentos. O objetivo de cada uma é muito diferente em relação ao rendimento das culturas, tratamento dos solos, uso de pesticidas e impacto ambiental. No sistema convencional a melhoria na fertilidade do solo baseia-se essencialmente no uso de fertilizantes sintéticos. No entanto, no sistema orgânico, observa-se a introdução de rotação de culturas, o uso de dejetos como fonte de adubo verde e a entrada de nutrientes de fontes orgânicas (ROSEN; ALLAN, 2007).

A hidroponia tem sido uma alternativa ao sistema de cultivo e vem ganhado importância, uma vez que, neste sistema, os problemas sanitários e ergonômicos são menores, ocasionando um incremento na produtividade, quando comparado ao cultivo convencional (MORAES; FURLANI, 1999; PARANJPE et al., 2003; LIETEN, 2004).

O plantio do morangueiro no sistema convencional apresenta como vantagens a facilidade de implantação da cultura, bem como o baixo custo de produção. Porém, tem como desvantagens a intensa exposição dos frutos às condições do ambiente como: molhamento foliar, geadas e moléstias, já que facilmente apresenta infestações por patógenos (RESENDE; MASCARENHAS; PAIVA, 1999). Também deve-se destacar como desvantagem a necessidade de rotação de áreas, já que a utilização sucessiva da mesma acarreta em problemas frequentes de disseminação de doenças ou moléstias nas plantas, causando redução na produtividade da lavoura (SANHUEZA, 2005).

Nas práticas agrícolas convencionais são utilizadas cultivares de alta produtividade, fertilizantes químicos e pesticidas. Embora as práticas convencionais resultem em culturas de alto rendimento, existe uma grande preocupação com

relação às consequências biológicas e ambientais negativas e à sustentabilidade em longo prazo associados a estas práticas (HAKALA et al., 2003).

A crescente conscientização dos consumidores em relação à saúde e ao consumo de alimentos seguros, juntamente com os planos de proteção ambiental, têm determinado um aumento nas áreas atribuídas a cultivos orgânicos como alternativa às práticas convencionais da agricultura (STERTZ, 2004).

A demanda mundial por alimentos certificados e isentos de resíduos de pesticidas tem pressionado o modelo convencional agrícola a constantes reavaliações de seus métodos de produção. O consumidor tem, cada vez mais, interesse em conhecer como os alimentos são produzidos, se o modelo de produção agrícola utilizado está causando impactos danosos ao agroecossistema e se existe algum risco de contaminação do alimento (PESSOA; SILVA; CAMARGO, 2002).

Modelos de produção baseados em altos gastos energéticos com pesticidas e fertilizantes estão sendo reavaliados quanto à sua sustentabilidade ao longo do tempo e as suas consequências ao homem e ao meio ambiente (FADINI; LOUZADA, 2001; BORGUINI; TORRES, 2006). Culturas orgânicas têm sido impulsionadas principalmente por pressão de grupos de consumidores esclarecidos quanto aos problemas ambientais decorrentes de práticas agrícolas convencionais. Os alimentos orgânicos são produzidos sob os princípios do desenvolvimento sustentável: ambientalmente correto, economicamente viável e socialmente justo (PESSOA; SILVA; CAMARGO, 2002; STERTZ, 2004).

O sistema orgânico de produção no Brasil está regulamentado pela Lei Federal n.10.831 de 23 de dezembro de 2003, que contém normas disciplinares para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade dos produtos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal (BRASIL, 2003).

Culturas orgânicas, não podem ser geneticamente manipuladas, irradiadas ou adubadas com águas residuais. Além disso, no solo utilizado para o crescimento de culturas orgânicas é proibido o tratamento com pesticidas e herbicidas sintéticos por pelo menos três anos antes da colheita. Cultivares resistentes a doenças são

frequentemente utilizadas, e os nutrientes para as plantas são fornecidos através de rotação de culturas, adubação de cobertura, e de dejetos animais (BORGUINI; TORRES, 2006).

Alimentos cultivados pelo sistema orgânico contêm menos nitratos, nitritos, entretanto, maior teor de matéria seca, vitamina C, aminoácidos essenciais, açúcares totais e compostos fenólicos quando comparados aos alimentos cultivados pelo sistema convencional. Apresentam, também, mais compostos minerais e normalmente têm melhor qualidade sensorial. No entanto, existem alguns aspectos negativos: as plantas cultivadas em sistemas orgânicos em geral, têm rendimentos 20% inferiores aos cultivos produzidos convencionalmente (REMBIAKOWSKA, 2007).

As diferenças esperadas para os sistemas de produção seriam devido principalmente às diferenças de adubo orgânico (fertilizantes minerais) e a utilização de pesticidas (sem pesticidas ou biopesticidas sintéticos). Na teoria o equilíbrio carbono (C) - nitrogênio (N) nos fertilizantes orgânicos não são tão poderosos na promoção do crescimento e desenvolvimento das plantas como o fertilizante mineral, assim, a planta busca outros recursos para a síntese de seus mecanismos de defesa que resultam nos ácidos orgânicos e polifenóis (WINTER; DAVIS, 2006).

O cultivo hidropônico fundamenta-se em procedimentos simples, nas técnicas em que as plantas se desenvolvam em outros meios que não o solo (COSTA; FILHO, 1999). Os nutrientes que a planta precisa para seu desenvolvimento são fornecidos por uma solução composta de água pura e de nutrientes dissolvidos (MORAES; FURLANI, 1999). O que varia de acordo com o tipo da planta, por exemplo, no morango compõem essa solução nutritiva os micronutrientes molibidênio (Mo), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) e os macronutrientes que são ajustados a atingir relações iônicas NO_3^-/K^+ e $\text{K}^+ / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$, NO_3^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{4-}$, K^+ ; Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^{--} (ANDRIOLO et al., 2009).

Um dos principais determinantes da produção hidropônica é o controle da fertirrigação que deve considerar a fenologia da planta, as características físicas do sistema de cultivo (substrato) e as dimensões do recipiente (MINGUEZ, 1999). No

cultivo hidropônico a rentabilidade é maior quando comparado com os outros sistemas agrícolas, baseada na ótima relação ar/água e controle da nutrição (MARQUELLI et al., 2005).

A manutenção adequada da concentração dos elementos minerais nos sistemas de cultivo, pela aplicação visando à demanda por nutrientes em cada estágio do ciclo do morangueiro, é de fundamental importância para a obtenção de um adequado crescimento da cultura, assim como a possibilidade do incremento em produção de frutos (ANDRIOLO, 1999). A aplicação de nutrientes através de técnicas como a hidroponia possibilita a maximização da absorção de nutrientes, pela melhor distribuição dos mesmos nas zonas próximas às raízes por processos como difusão e fluxo de massa (FAYAD et al., 2002).

A hidroponia horizontal, cultivo sem solo, em estufa, usando-se canteiros suspensos, já é uma técnica conhecida e utilizada no Brasil para diversas espécies de hortaliças e de plantas ornamentais, inclusive para o morangueiro. Nesse sistema, internacionalmente conhecido pela sigla NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes) as plantas são mantidas em canaletas de chapas onduladas de cimento amianto (telhas) ou tubos de PVC ou de polipropileno, pelos quais circula solução nutritiva com formulação adequada para a espécie cultivada (FURLANI; FERNANDES-JÚNIOR, 2004).

A maior parte dos sistemas de cultivo sem solo para produção do fruto do morangueiro emprega algum tipo de substrato. Os substratos permitem melhor controle do teor de oxigênio e maior inércia térmica das raízes, quando comparados aos sistemas hidropônicos do tipo NFT (HENNION; VESCHAMBRE, 1997; LIETEN, 2004). Podem ser empregados sacolas, vasos plásticos ou calhas contendo o substrato, que cumpre a função de suporte físico para as plantas, as quais são nutridas pela solução nutritiva.

1.4 Influência dos sistemas de cultivos nos compostos antioxidantes

Estudos que comparam alimentos obtidos pelos sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico em relação ao seu valor nutricional, qualidade sensorial e segurança alimentar têm sido realizados. Os resultados indicam que frutas e vegetais orgânicos muitas vezes têm menor teor de proteína e carotenóides do que frutas e vegetais produzidos convencionalmente (BRANDT, 2008). Em contraste, frutas e verduras produzidos organicamente contém, muitas vezes, maiores concentrações de ácido ascórbico (WORTHINGTON, 2001; REMBIALKOWSKA, 2003) e maiores teores de compostos fenólicos (BRANDT; MOLGAARD, 2001).

Hakkinen e Torronen (2002) observaram que o conteúdo de fenólicos totais e ácido elágico foram maiores em morangos cultivados organicamente. Níveis significativamente mais elevados de alguns ácidos fenólicos e polifenóis totais também foram encontrados em pêssegos e pêras cultivadas em sistemas orgânicos quando comparadas com as cultivadas convencionalmente (CARBONARO et al., 2002).

Asami et al. (2003), compararam morangos cultivados em sistema convencional com aqueles cultivados em quantidades inferiores de insumos agrícolas e encontraram valores superiores de fenólicos totais quando houve redução desses insumos.

Em 2004, num estudo de Lombardi-Boccia e colaboradores, foi observado que o conteúdo de fenólicos totais foi menor em ameixas orgânicas comparadas com as produzidas convencionalmente.

Sousa et al. (2005) ao avaliarem repolhos cultivados organicamente observaram um maior teor de fenólicos totais comparativamente aos cultivados convencionalmente. Os autores sugeriram que a interferência de minerais fertilizantes e/ou pesticidas utilizados no sistema convencional poderia explicar a

menor quantidade de fenólicos totais do que no repolho cultivado sob sistema orgânico.

Olsson et al. (2006) observaram que os níveis de compostos fenólicos, tais como os flavanóis e antocianinas, apresentaram médias superiores em todas as cultivares de morango produzidas organicamente quando comparadas às convencionais, porém nem todas as médias apresentaram diferença significativa, o que estaria relacionado às diferentes cultivares estudadas.

Caris-Veyrat et al. (2004) e Mitchell et al. (2007) realizaram estudos a fim de investigar diferenças na produção e valor nutritivo entre tomates cultivados pelos sistemas orgânico e convencional. Os resultados obtidos foram contraditórios e difíceis de interpretar devido às diferenças nas condições ambientais, práticas agrícolas, seleção de cultivares e métodos de amostragem e análise (BARRETT et al., 2007).

Wang et al. (2008) em um estudo com mirtilo (*Vaccinium myrtillus* L.) concluíram que os sistemas de cultivo convencional e orgânico afetaram significativamente a qualidade nutricional do fruto, sendo que os produzidos pelo sistema orgânico apresentaram quantidades superiores de fenólicos quando comparados aos frutos produzidos pelo método convencional.

A mais recente pesquisa foi realizada com cultivares de berinjela produzidas pelos sistemas de cultivo orgânico e convencional, entretanto Luthria et al. (2010) não observaram diferenças significativas nos teores de fenólicos totais entre as diferentes cultivares estudadas, bem como entre os sistemas de cultivo.

Nos estudos supracitados, os respectivos autores, indicam que essas variações nos resultados podem estar relacionadas a muitos fatores distintos, tais como a variabilidade inerente das amostras de alimentos *in natura*, as diferentes espécies e cultivares, o tipo e estrutura do solo, métodos de aplicação de fertilizantes, clima (luz, temperatura, chuva, umidade), população microbiana do solo, práticas de cultivo (rotação de culturas, uso de agrotóxicos, irrigação e reguladores de crescimento) e até mesmo as práticas de pós-colheita.

De acordo com esses estudos pode-se verificar que existe interesse em pesquisas que comparem os sistemas de cultivo convencional e orgânico, entretanto não existem estudos comparando o sistema de cultivo hidropônico aos demais em termos de compostos fenólicos, pode-se ainda ressaltar que estes estudos são pouco conclusivos e que há a necessidade de um delineamento mais eficaz para a obtenção de resultados precisos e seguros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHERNE, S.A.; O'BRIEN, N.M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Nutrition**, v. 18, p. 75-81, 2002.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999. 142 p.

ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; VAZ, M.A.B; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v.39, p.684 - 690, 2009.

ANTUNES, L.E.C.; DUARTE FILHO, J.D.; CALEGARIO, F.F.; COSTA, H.; REISSER JUNIOR, C. Produção integrada de morango (PIMo) no Brasil. In: Morango: conquistando novas fronteiras. **Informe Agropecuário**: Belo Horizonte, v. 28, p. 34-39, 2007.

ASAMI, D. K. et al. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 51, p. 1237-1241, 2003.

ASSIS, M. Produção de matrizes e mudas de morangueiro no Brasil. In: **Simpósio Nacional do Morango**, 2, 2004, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004, p.45-50.

ATKINSON, C.J.; DODDS, P.A.A.; FORD, Y.Y.; LE MIÈRE, J.; TAYLOR, J.M.; BLAKE, P.S.; PAUL, N. Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria x ananassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. **Annals of Botany**, Londres, v. 97, n. 3, p.429-441, 2006.

BARRETT, D.M.; WEAKLEY, C.; DIAZ, J.V.; WATNIK, M. Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production systems. **Journal of Food Science**, v. 72, p. 441-451, 2007.

BARROSO, G.M.; MORIN, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes** – Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV, 443p, 1999.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, p. 64-75, 2006.

BOURN, D.; PRESCOTT, J. A Comparison of the nutritional value, sensory qualities and food safety organically and conventionally produced foods. **Critical Reviews and Food Science Nutrition**, v. 42, p. 1-34, 2002.

BRANDT, K. Plant health, soil fertility relationships and food quality. Proceedings of Organic Agriculture in Asia, International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR) **International Symposium on Soil Fertility**; Dankook University: Korea, p. 18-30, 2008.

BRANDT, K.; MØLGAARD, J. P. Organic agriculture: Does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 924-931, 2001.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento**. Lei Federal n.10.381 de dezembro de 2003. Dispõe sob normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 23 dez. 2003. Seção 1, p.11.

CALVETE, E. O. et al. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 396-401, 2008.

CAMARGO, L. S.; PASSOS, F. A. **Morango**: O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo. Ângela Maria Furlani e Glauco Pinto Viégas (editores). Campinas, Instituto Agrônomo, v.1, 1993.

CAPOCASA, F.; SCALZO, J.; MEZZETTI, B.; MAURIZIO BATTINO, M. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. **Food Chemistry**, v. 111, p. 872–878, 2008.

CARBONARO, M.; MATTERA, M.; NICOLI, S.; BERGAMO, P.; CAPPELLONI, M. Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (peach, *Prunus*

persica L., and pear, *Pyrus communis* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5458–5462, 2002.

CARIS-VEYRAT, C.; AMIOT, M.J.; TYSSANDIER, V.; GRASSELLY, D.; BURET, M.; MIKOLAJCZAK, M. Influence of organic versus conventional agriculture practice on the antioxidant micro constituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 6503–6509, 2004.

CASTRO, R.L. Melhoramento Genético do Morangueiro: Avanços no Brasil. In: **Simpósio Nacional do Morango**, 2, 2004, Pelotas. *Anais*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.78

COSTA, P.C.; FILHO, H.G. Cultivo hidropônico do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p.65-68, 1999.

DA SILVA, F.L.; ESCRIBANO-BAILÓN, M.T.; ALONSO, J.J.P.; RIVAS-GONZALO, J.C.; SANTOS BUELGA, C. Anthocyanin pigments in strawberry. **Food Science and Technology**, v.40, p.374-382, 2007.

DEGÁSPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v. 5, p. 33-40, 2004.

FADINI, M.A.M.; LOUZADA, J. C. N. Impactos ambientais da agricultura convencional. **Informe Agropecuário**, v. 22, p. 24-29, 2001.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L.; FERREIRA, F.A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Ed UFV, 2000.

FURLANI, P.R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido. In: **Simpósio nacional do morango & encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul**, 2., 2004, Pelotas. *Anais*...Pelotas: Corrêa Antunez, L.E. et al., (eds.). EMBRAPA, p.102-115. (Documentos 124) , 2004.

GALVANO, F.; LA FAUCI, L.; LAZZARINO, G.; FOGLIANO, V.; RITIENI, A.; CIAPPELLANO, S. et al. Cyanidins: metabolism and biological properties. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 15, p. 2-11, 2004.

GUO, C.; YANG, J.; WIE, J.; LI, Y.; XU, J.; JIANG, Y. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fraction of common fruits as determined by FRAP assay. **Nutrition Research**, v. 23, p.1719–1726, 2003.

HAKALA, M.; LAPVETELÄINEN, A.; HUOPALAHTI, R.; KALLIO, H.; TAHVONEN, R. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.16, p. 67-80, 2003.

HÄKKINEN, S.H.; TÖRRÖNEN, A.R. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. **Food Research International**, v. 33, p. 517– 524, 2000.

HARBONE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, p. 481-504, 2000.

HEINONEN, M.I.; MEYER, A.S.; FRANKEL, E.N. Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4107–4112, 1998.

HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise**: maîtrise de la production. Paris: Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, p. 299, 1997.

HEO, H.J.; LEE, C.Y. Strawberry and its anthocyanins reduce oxidative stress-induced apoptosis in PC12 cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 6, p.1984-1989, 2005.

JURANIC, Z., ZIZAK, Z. Biological activity of berries: from antioxidant capacity to anticancer effects. **Biofactors**, v. 23, p. 207-211, 2005.

KEUTGEN, A.J.; PAWELZIK, E. Modifications of Strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl stress. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 4066- 4072, 2007.

KLOPOTEK, Y.; OTTO, K.; BOHM, V. Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 5640-5646, 2005.

KOSAR, M.; KAFKAS, E.; PAYDAS, S.; BASER, K.H. Phenolic composition of strawberry genotypes at different maturation stages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.6, p.1586-1589, 2004.

KOVAČEVIĆ, D.B.; VAHČIĆ, N.; LEVAJ, B.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V. The effect of cultivar and cultivation on sensory profiles of fresh strawberries and their purées. **Flavour Fragrance Journal**, v. 23, p. 323–332, 2008.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 691-693, 2004.

LEE, S.J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K. G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum*) and thyme leaves (*Thymes vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 91, p. 131-137, 2005.

LIETEN, F. et al. Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. **Acta Horticulturae**, v.649, p.193-196, 2004.

LIMA, L.C. O. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, p. 80-83, 1999.

LIETEN, F. et al. Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. **Acta Horticulturae**, v. 649, p.193-196, 2004.

LOMBARDI-BOCCIA, G.; LUCARINI, M.; LANZI, S.; AGUZZI, A.; CAPPELLONI, M. Nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 90-94, 2004.

LUTHRIA, D.; SINGH, A.P.; WILSON, T.; VORSA, N.; BANUELOS, G.S.; VINYARD, B.T. Influence of conventional and organic agricultural practices on the phenolic content in eggplant pulp: Plant-to-plant variation. **Food Chemistry**, v. 121, p. 406-411, 2010.

MÄÄTTÄ-RIIHINEN, K.R.; KAMAL-ELDIN, A.; MATTILA, P.H.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A.M.; TÖRRÖNEN, A.R. Distribution and contents of phenolics compounds in Eighteen Scandinavian berry species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 4477- 4486, 2004.

MARTÍNEZ-FLÓREZ, S.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J.M.; TUÑÓN, M.J. Los flavonóides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalaria**, v. 17, p. 271-278, 2002.

MAMEDE, M. E. O.; PASTORE, G. M. Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante. **B CEPPA**, v. 22, p. 233-52, 2004.

MARQUELLI, W.A.; CARRIJO, O.A.; ZOLNIER, S. Variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro e implicações no manejo da irrigação em cultivo sem solo com substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p.57-60, 2005.

MEYERS, K. J.; WATKINS, C. B.; PRITTS, M. P.; LIU, R. H. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6887-6892, 2003.

MINGUEZ, P.L. Los factores ambientales en el manejo de los cultivos sin suelo. In: Curso Superior de Especialização – **Cultivo Sin Suelo II** (FERNANDEZ, M.F.; GÓMEZ, I.M.Q. editores) 2ª edición, p.149-170.

MITCHELL, A.E.; HONG, Y.; KOH, E.; BARRETT, D.M.; BRYANT, D.E., DENISON, R.F. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 6154–6159, 2007.

MORAES, C. A. G.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de fruta em hidroponia. **Informe Agropecuário**, v.20, p.105-113, 1999.

MOREIRA, A.V.B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, v. 17, p. 411-424, 2004.

NESI, C.N.; VERONA, L.A. F.; GROSSI, R. A produção de morangos em Santa Catarina no ano de 2006. In: **IV Simpósio do morango**. III Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do MERCOSUL. Pelotas, Anais, p. 100, Ago., 2008.

OLIVEIRA, R.P.; NINO, A.F.P.; SCIVITTARO, W.B. Mudanças certificadas do morangueiro: maior produção e qualidade da fruta. **A Lavoura**, v.108, n.655, p.35-38, 2005.

OLSSON, M. E. C.; ANDERSSON, C. S.; OREDSSON, S.; BERGLUND, R. H.; GUSTAVSSON, K. Antioxidant levels and inhibition of cancer cell proliferation in vitro by extracts from organically and conventionally cultivated strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 1248-1255, 2006.

PARANJPE, A.; CANTLIFFE, D.J.; LAMB, E.M.; STOFFELLA, P.J.; POWELL, C. Winter strawberry production in greenhouses using soilless Substrates: An alternative to methyl bromide soil fumigation. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Science**, v. 116, p. 98-105, 2003.

PESSOA, M.C.P.Y.; SILVA, A.S.; CAMARGO, C.P. Qualidade e certificação de produtos agrícolas. Brasília : **Embrapa**, 188p. (Texto para Discussão, 14), 2002.

PINTO, M.S.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Food Chemistry**, v. 107, p. 1629–1635, 2008.

PODSEDEK, A. Natural antioxidant capacity of brassica vegetables a review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 40, p. 1-11, 2007.

PROTEGGENTE, A.R. et al. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. **Free Radical Research**, v. 36, p. 217–233, 2002.

REMBIAKOWSKA, E. Quality of plant products from organic agriculture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 2757-2762, 2007.

RESENDE, L.M.A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Panorama da produção e comercialização do morango. **Informe Agropecuário**, v. 20, p. 5-19, 1999.

ROSEN C.J.; ALLAN D.L., Exploring the benefits of organic nutrient sources for crop production and soil quality: a review. **Horticulture Technology**, v. 17, p. 422–430, 2007.

SANHUEZA, R.M.V. **Sistema de produção de morango para mesa na região da serra gaúcha e encosta superior do nordeste**. Embrapa Uva e Vinho. Sistema de Produção, 6 versão eletrônica, 2005. Disponível em www.embrapa.gov.br, acessado em 27/07/08.

SANTOS, A.M. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v.20, n.198, p.24-29, 1999.

SCALZO, J. et al. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. **Nutrition**, v. 21, p. 207–213, 2005.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics**: sources, chemistry, effects and applications. Lancaster: Technomic, 1995.

SOUSA, C.; VALENTÃO, P.; RANGEL, J.; LOPES, G. PEREIRA, J.A.; FERRERES, F.; SEABRA, R.M.; ANDRADE, P.B. Influence de two fertilization regiments on the amounts of organic acids and phenolic compounds of tronchuda cabbage (*Brassica oleracea* L. Var. *costata* DC). **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 53, p. 9128 - 9132, 2005.

STERTZ, S. C. Qualidade de hortícolas convencionais, orgânicas e hidropônicas na região metropolitana de Curitiba, Paraná. 258 p. **Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)** – Setor de Tecnologia – Universidade Federal do Paraná, 2004.

SUN, J.; CHU Y. F.; WU X.; LIU R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 7449–7454, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Metabólitos secundários e defesa vegetal. In: **Fisiologia vegetal**. 3 ed, Porto Alegre, p. 320-334, 2004.

TULIPANI, S.; ROMANDINI, S.; BUSCO, F.; BOMPADRE, S.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Ascorbate, not urate, modulates the plasma antioxidant capacity after strawberry intake. **Food Chemistry**, v. 117, p. 181–188, 2009.

VERDIAL, M.F. Frigoconservação e vernalização de mudas de morangueiro (Fragaria X ananassa Duch.) produzidas em sistemas de vasos suspensos. 2004. **Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, 2004.

VINSON, J. A.; SU, X.; ZUBIQ, L.; BOSE, P. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 5315-5321, 2001.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R.L. Total antioxidant capacity of fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 701-705, 1996.

WANG, S.Y.; CHEN, C.; SCIARAPPA, W.; WANG, C.Y.; CAMP, M.C. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 5788-5794, 2008.

WANG, S.Y.; ZHENG, W.; GALLETTA, G. J. Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6534–6542, 2002.

WINTER, C.K.; DAVIS, S. F. Organic foods. **Journal of Food Science**, v. 71, p. 117–124, 2006.

WORTHINGTON, V. Nutritional quality of organic and conventional fruits, vegetables, and grains. **Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 7, p. 161–173, 2001.

ZHANG, Y.; SEERAM, N.P.; LEE, R.; FENG, L.; HEBER, D. Isolation and identification of strawberry phenolics with antioxidant and human cancer cell antiproliferative properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 670 - 675, 2008.

ZUANAZZI, J.A.S.; MONTANHA, J.A. **Flavonóides**. In: Simões, C.M.O.; et al., (Orgs.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 5 ed. Florianópolis: Ed. Universidade Federal de Santa Catarina, p. 577 - 614, 2003.

CAPÍTULO 2

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPOSTOS FENÓLICOS E COMPOSIÇÃO MINERAL DE MORANGOS (*Fragaria X ananassa* Duch) PRODUZIDOS PELOS SISTEMAS CONVENCIONAL, ORGÂNICO E HIDROPÔNICO

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPOSTOS FENÓLICOS E COMPOSIÇÃO
MINERAL DE MORANGOS (*Fragaria X ananassa* Duch) PRODUZIDOS PELOS
SISTEMAS CONVENCIONAL, ORGÂNICO E HIDROPÔNICO**

RESUMO

Algumas pesquisas demonstram que os sistemas de cultivo e as condições ambientais a que os frutos estão submetidos podem alterar expressivamente o conteúdo nutricional durante o período de desenvolvimento deste fruto. Morangos cultivar 'Albion' produzidos pelos sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico foram analisados quanto aos teores de compostos fenólicos, atividade antioxidante total *in vitro* pelos métodos ABTS e FRAP e conteúdo de minerais via ICP_MS. Os morangos cultivados sob sistema hidropônico obtiveram significativamente maior conteúdo de fenólicos totais ($180,44 \text{ mg.100g}^{-1}$) e antocianinas monoméricas totais ($28,66 \text{ mg.100g}^{-1}$), porém não estatisticamente diferente do conteúdo de flavanóis totais ($51,97 \text{ mg.100g}^{-1}$) de morango cultivado no sistema convencional e orgânico. A atividade antioxidante total para ambos os métodos ABTS e FRAP foi significativamente menor no sistema convencional ($1209,61 \text{ mg.100}^{-1}$ e $485,49 \text{ } \mu\text{mol/100g}^{-1}$, respectivamente) e médias superiores foram encontradas no cultivo hidropônico ($1472,47 \text{ } \mu\text{mol.100g}^{-1}$ e $528,36 \text{ } \mu\text{mol.100g}^{-1}$) e orgânico ($1353,87 \text{ } \mu\text{mol.100g}^{-1}$ e $518,52 \text{ } \mu\text{mol.100g}^{-1}$), porém estes não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$). Dentre os minerais analisados, o magnésio apresentou-se como o constituinte em maior concentração seguido do ferro, manganês e zinco, sendo que apenas o magnésio obteve diferença significativa ($p < 0,05$) com o maior conteúdo ($17,06 \text{ mg.100g}^{-1}$) encontrado no morango hidropônico. O conteúdo fitoquímico dos morangos diferiu significativamente quanto aos sistemas de cultivo, sendo que morangos hidropônicos apresentaram, em geral, as maiores médias para os parâmetros estudados.

Palavras-chave: Morangos, compostos fenólicos, atividade antioxidante total, minerais, sistemas de cultivo.

**ANTIOXIDANT ACTIVITY, PHENOLICS COMPOUNDS AND MINERAL
COMPOSITION OF STRAWBERRIES (*Fragaria x ananassa* Duch) PRODUCED BY
CONVENTIONAL, ORGANIC AND HYDROPONIC AGRICULTURAL SYSTEM.**

ABSTRACT

Some research demonstrate that agricultural systems and environmental conditions to which the fruits are subjected can significantly change the nutritional content during the growing of this fruit. Strawberries of cultivar 'Albion' produced by conventional, organic and hydroponic agricultural system were analyzed and compared in moisture levels, soluble solids, phenolic compounds, total antioxidant activity *in vitro* by ABTS and FRAP methods, and mineral contents by ICP_MS. The results showed the strawberries grown under hydroponic system obtained the highest averages for total phenolic content (180.44 mg GAE. /100g-1) and total monomeric anthocyanins (28.66 mg/ cya-3-glu. 100g-1), but did not statistically differ the levels of total flavanols (51,97 mg.100g-1) of organic and conventional system. The mean total antioxidant activity, for both methods ABTS (1209.61 μ mol TE. 100g-1) and FRAP (485.49 μ mol TE. 100g-1) were significantly lower in the conventional and higher averages were found in hydroponic (1472.47 μ mol TE. 100g-1 and 528.36 μ mol TE. 100g-1) and organic (1353.87 μ mol TE. 100g-1 and 518.52 μ mol TE. 100g-1), but these did not differ significantly ($P > 0.05$) between them. Magnesium were the mineral found in highest level and the strawberry grown under hydroponic system get significantly ($p < 0,05$) the higher concentration (17,06 mg.100g-1). Different agricultural systems significantly affect the phytochemical content of strawberries, being that, hydroponically grown strawberries had, in general, the highest averages for the analysis performed here.

Keywords: strawberries, phenolics compounds, total antioxidant activity, mineral composition, agricultural systems

1 INTRODUÇÃO

Morangos (*Fragaria X ananassa* Duch) dentre outras *berries*, representam uma importante fonte de compostos bioativos com atividade antioxidante (CAPOCASA et al., 2008; WANG et al., 2008) e fontes valiosas de sais minerais (HAKALA et al., 2003).

A atividade antioxidante está diretamente relacionada aos compostos fenólicos no fruto, sendo o conteúdo de flavonóis e antocianinas presentes em quantidades expressivas no morango (WANG; JIAO, 2000; VINSON et al., 2001; SUN et al., 2002; MEYERS et al., 2003), além da vitamina C (HANNUM, 2004; PINTO; LAJOLO; GENOVESE, 2008).

Alguns autores têm observado que o conteúdo destes compostos fenólicos nas frutas varia expressivamente quando comparados os sistemas de cultivos, diferentes cultivares e condições edafoclimáticas (WANG; ZENGH; GALLETTA, 2002; ASAMI et al., 2003; HAKALA et al., 2003; CAPOCASA et al., 2008; WANG et al., 2008; GIOVANELLI; BURATTI, 2009; TULIPANI et al., 2009).

Estudos evidenciam que em média, as plantas cultivadas em sistema orgânico contêm teores mais elevados de compostos fenólicos em relação aos cultivados pelo sistema convencional (ASAMI et al. 2003; LOMBARDI-BOCCIA et al., 2004; BORGUINI; TORRES, 2006; OLSSON et al., 2006; WANG et al., 2008).

A agricultura orgânica se baseia no emprego mínimo de insumos externos (FAO/OMS, 2001), cultivares resistentes a doenças são frequentemente utilizadas, e os nutrientes são fornecidos através de rotação de culturas, plantas de cobertura e dejetos animais (BORGUINI; TORRES, 2006).

O cultivo sem solo em ambiente protegido sobre bancadas ou suportes acima do nível do solo é uma técnica conhecida e utilizada para diversas espécies de hortaliças e de plantas ornamentais, inclusive para o morangueiro. Neste sistema, os problemas sanitários e ergonômicos são menores e há um incremento na

produtividade quando comparado ao cultivo convencional (MORAES; FURLANI, 1999; PARANJPE et al., 2003). Os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento são fornecidos por uma solução aquosa de nutrientes (FURLANI; FERNANDES-JÚNIOR, 2004).

Sistemas de cultivo convencionais utilizam cultivares com alto rendimento de colheita, adubos químicos e pesticidas, irrigação e mecanização. Desta forma, o sistema de cada uma dessas práticas difere consideravelmente em relação ao rendimento das culturas, solos, uso de pesticidas, e impacto ambiental (ASAMI et al., 2003).

Segundo Bourn e Prescott (2002), a ampla gama de fatores que podem afetar a composição dos alimentos, tais como, genéticos, práticas agronômicas, clima e condições de pós-colheita, faz com que as investigações sobre o valor nutricional de alimentos produzidos por diferentes sistemas de cultivo não sejam completamente elucidadas.

Portanto, esse estudo propôs avaliar a influência de diferentes sistemas de cultivo: convencional, orgânico e hidropônico na composição mineral, composição fenólica e atividade antioxidante total em morangos produzidos no sul do Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Reagentes

Reagente de Folin-Ciocateau foi obtido da Fluka Chemie AG (Buchs, Suíça), 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS), 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico (Trolox), 4 dimethylaminocinnamaldehyde (DMACA) e 2,4,6-tri(2-piridil)s-triazina (TPTZ) foram adquiridos da Sigma-Aldrich Chemie (Steinheim, Alemanha). Ácido gálico, carbonato de sódio e persulfato de potássio foram adquiridos da Vetec (São Paulo, Brasil).

2.2 Amostras

Foram analisadas amostras de morango (*Fragaria X ananassa* Duch) cultivar 'Albion' produzidos pelo sistema convencional, orgânico e hidropônico. Os frutos do sistema convencional e orgânico foram colhidos de propriedades rurais da região serrana do Estado de Santa Catarina, Brasil, com altitude em torno de 810 metros, situada entre as coordenadas geográficas 27°40' 21" latitude Sul e 49° 01' 18" longitude Oeste de Greenwich. Os frutos do sistema hidropônico foram produzidos pelo Laboratório de Hidroponia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Todos os frutos foram colhidos considerando-se o mesmo período no mês de setembro de 2008. Produtores convencionais fizeram uso de fertilizantes, pesticidas e herbicidas, segundo instruções normativas (BRASIL, 1992). Produtores orgânicos devidamente certificados pela registradora ECOCERT® (Florianópolis, Brasil), utilizaram-se das normas baseados nas instruções normativas de Brasil (2003). Para o sistema hidropônico utilizou-se soluções (mg/L) de macro e micronutrientes em sistema NFT de cultivo, seguindo a metodologia de Furlani et al. (1999).

2.3 Preparo das amostras

Os frutos para análise foram selecionados considerando viáveis os totalmente sadios, desta forma escolheu-se morangos de diferentes tamanhos, variando de 2 a 6 cm, entre 5 a 20 g de peso e considerados maduros entre 5 e 9 °Brix. Após seleção e retirada dos pedúnculos as amostras foram lavadas com água deionizada e colocadas sobre papel toalha durante 5 minutos, para remoção do excesso de água, em seguida trituradas em moinho de bancada marca IKA A11 e imediatamente submetidas à análise, em temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$).

2.4 Determinação de Umidade e Sólidos Solúveis Totais

O conteúdo de umidade foi determinado por via gravimétrica (AOAC, 2005; método 985.14) e os resultados expressos em porcentagem (% m/m) de água no fruto. Para o conteúdo de sólidos solúveis totais os dados foram obtidos com auxílio do refratômetro de bancada, marca JENA, e os resultados expressos em °Brix (AOAC, 2005; método 37.1.15).

2.5 Determinação do conteúdo de minerais

As amostras foram digeridas (3 mL de HNO₃ concentrado e 1 mL de H₂O₂) em forno micro-ondas com vasos de PTFE fechados. Após a decomposição, a solução foi transferida para um frasco volumétrico e elevadas a um volume final de 25 mL com água deionizada, segundo metodologia de Jones e Case (1990). Nas determinações foi usado um espectrômetro de massa com fonte de plasma indutivamente acoplado da Perkin-Elmer SCIEX modelo Elan 6000 (Thornhill, Toronto, Canada), usando nebulização pneumática convencional (Perkin-Elmer). O argônio utilizado foi de 99,996% de pureza (White Martins, São Paulo, SP, Brasil). Ródio (5 ppb) foi usado como padrão interno.

2.6 Preparo dos extratos

Massas de cinco gramas (5g) das amostras de morangos frescos anteriormente trituradas foram extraídas com 50 mL de solução de acetona:água (80:20 v/v), como descrito por Liu et al. (2002) e Shin et al. (2007), em banho ultrassom 1400A (Unique, São Paulo, Brasil), por um período de 15 minutos, à temperatura ambiente. Os extratos foram centrifugados a 1500 rpm por 10 minutos em centrífuga Fanem modelo 280R (Fanem, São Paulo, Brasil) e o sobrenadante transferido para um frasco e reservado para análise.

2.7 Determinação do conteúdo de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método de Folin-Ciocalteu (ROSSI; SINGLETON, 1965). A leitura da absorbância foi realizada a 765 nm usando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). Realizou-se a quantificação de fenólicos pela interpolação a uma curva padrão de ácido gálico e os valores foram expressos em miligramas (mg) de equivalente ácido gálico (GAE) por 100g de peso fresco (PF).

O teor de flavanóis totais dos frutos foi estimado aplicando o método DMACA (p-dimetilaminocinamaldeído) (ARNOUS; MAKRIS; KEFALAS, 2001). A leitura de absorbância foi realizada a 640 nm utilizando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). A concentração total de flavanóis foi determinada conforme a curva de calibração onde os resultados foram expressos em mg de equivalente catequina (CAE) por 100g de PF.

A determinação do conteúdo de antocianinas totais foi realizada aplicando o método por diferença de pH segundo Giusti e Wrolstad (2001). A absorbância foi medida utilizando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK) no comprimento de onda mínimo em 510 nm e máximo em 700 nm em tampão pH 1,0 e pH 4,5. A absorbância foi calculada a partir da equação: $A = (A_{\text{max. vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1,0} - (A_{\text{max vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4,5}$. Os resultados foram expressos como concentração de pigmentos monoméricos ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e expressos em equivalente a cianidina-3-glicosídeo (ϵ 26900).

2.8 Determinação da atividade antioxidante *in vitro*

2.8.1 Método ABTS

Para determinar a atividade antioxidante, utilizou-se o método descrito por Re et al. (1999). O radical ABTS preparado foi diluído em etanol até obter-se uma medida de absorbância da ordem de 0,700 ($\pm 0,02$) em comprimento de onda de 734 nm. A absorbância foi medida em espectrofotômetro modelo Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK), no tempo 0 e de 7 minutos após a adição da amostra. A atividade antioxidante das amostras foi calculada comparando-se a curva padrão de Trolox e expressando os resultados em μmol de equivalente Trolox em 100g de peso fresco.

2.8.2 Método FRAP

Para avaliação da atividade antioxidante pela técnica de FRAP (*ferric reducing antioxidant potential*) foi utilizado o método descrito por Benzie e Strain (1996). Amostras (0,1 mL) de extrato do morango foram adicionadas a 0,1mL de cloreto férrico 3 mM (em ácido cítrico 5 mM), a mistura foi mantida em banho-maria a 37 °C por 30 minutos. Após adicionou-se a solução TPTZ. Transcorridos 10 minutos, a absorbância foi medida em espectrofotômetro modelo Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK), com comprimento de onda de 620 nm. As médias foram calculadas de acordo com a curva de calibração, sendo os resultados expressos em μmol de equivalente Trolox em 100g de peso fresco.

2.9 Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey para identificar diferenças significativas entre as médias, com auxílio do programa Statistica® 7.0. Diferenças entre as médias no nível de 5% ($p < 0,05$) foram consideradas significativas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Umidade e sólidos solúveis totais

Na Tabela 1, pode-se observar que amostras de morango hidropônico não apresentaram diferenças estatísticas quanto ao teor de umidade e de sólidos solúveis em relação ao cultivo convencional. Já o cultivo orgânico mostrou-se significativamente ($p < 0,05$) inferior quanto ao teor de umidade e significativamente superior ($p < 0,05$) quanto ao teor de sólidos solúveis quando comparado ao cultivo hidropônico.

Tabela 1 - Efeitos dos diferentes sistemas de cultivo nos teores de umidade (%) e sólidos solúveis (°Brix) em morangos cultivar Albion.

Sistemas de cultivo	Umidade (%)	Sólidos Solúveis (°Brix)
Convencional	92,22 ± 0,3 ^a	7,06 ± 0,31 ^{ab}
Orgânico	90,75 ± 0,78 ^b	8,30 ± 0,5 ^a
Hidropônico	93,23 ± 0,06 ^a	6,00 ± 0,7 ^b

Valores em peso fresco (PF) de morango expressos como médias ± desvio padrão (n=3).

Valores na mesma coluna seguidos de diferentes letras são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Observa-se também que as amostras de morango convencional e orgânico não apresentaram variação significativa ($p>0,05$) no conteúdo de sólidos solúveis, o que pode ser atribuído ao fato desses frutos estarem submetidos às mesmas condições edafoclimáticas. Enquanto que no morango hidropônico pode-se verificar média superior para umidade e inferior para sólidos solúveis totais (Tabela 1).

Krolow, Schwengber e Ferri (2007) em estudo com morangos cultivados pelos sistemas convencional e orgânico, ao analisarem os teores de sólidos solúveis totais, encontraram valores superiores para o morango produzido em cultivo orgânico (7.20 °Brix) comparativamente ao convencional (6.20 °Brix). Resultados semelhantes foram encontrados no presente estudo, porém nestes dados não houve diferença estatística significativa ($p>0,05$).

Em um estudo com alface cultivada sob os sistemas convencional, orgânico e hidropônico, Favaro-Trindade (2007) encontraram valores superiores de umidade para os sistemas de cultivo orgânico e convencional, sendo que o cultivo hidropônico obteve o menor valor, mas não diferiu significativamente do cultivo convencional.

Em contrapartida, Rinaldi et al. (2008) em cultivares de pimentão produzidos pelos sistemas convencional e hidropônico, observaram que o tratamento hidropônico apresentou teor de umidade significativamente superior e menor valor de sólidos solúveis quando comparado ao tratamento convencional. Fato esse que está relacionado ao controle na irrigação, menor incidência de luz solar e ao curto ciclo de maturação (PARANJIPE et al., 2003).

3.2 Determinação do conteúdo de minerais

A composição mineral em frutos pode ser influenciada por vários fatores, como condições climáticas (luz, temperatura, umidade), composição química do solo, diferenças genéticas e práticas agrícolas (SANCHEZ-CASTILLO et al., 1998; HARDISSON et al., 2001; OLIVARES et al., 2004).

Na Tabela 2 estão demonstrados os resultados de minerais presentes no morango cultivar 'Albion' cultivado pelos sistemas convencional, orgânico e hidropônico.

Tabela 2 - Conteúdo de minerais em morango (*Fragaria X ananassa* Duch) cultivar 'Albion' produzido sob os sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico em mg.100g⁻¹ de amostra.

Mineral	Convencional	Orgânico	Hidropônico
Mg	14,80 ± 2,31 ^b	13,90 ± 0,61 ^b	17,06 ± 8,14 ^a
Al	ND	ND	ND
Mn	0,32 ± 1,17 ^a	0,25 ± 0,71 ^a	0,29 ± 0,09 ^a
Fe	0,64 ± 0,63 ^a	0,55 ± 0,67 ^a	0,74 ± 0,35 ^a
Co	<0,0003	<0,0003	<0,003
Ni	0,008 ± 0,05 ^a	0,005 ± 0,00 ^a	0,002 ± 0,00 ^a
Cu	0,039 ± 0,21 ^a	0,033 ± 0,08 ^a	0,028 ± 0,01 ^a
Zn	0,147 ± 0,28 ^a	0,174 ± 0,76 ^a	0,159 ± 0,1 ^a
Sr	0,080 ± 0,13 ^a	0,076 ± 0,13 ^a	0,155 ± 0,03 ^b
Cd	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Pb	<0,0006	<0,0006	<0,0006

ND não determinado

Valores em peso fresco (PF) de morango expressos como médias ± desvio padrão (n=3).

Valores na mesma linha seguidos de diferentes letras são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05).

Dentre os minerais analisados, o magnésio (Mg) apresenta-se como constituinte presente em maior concentração, seguido do ferro (Fe) e manganês (Mn) confirmando dados da literatura (TAHVONEN,1993; HAKALA et al. 2003; HAGREAVES et al., 2008).

A média dos valores de magnésio em morangos produzido pelo sistema de cultivo hidropônico (17,06 mg.100g⁻¹) apresentou-se significativamente (p<0,05) superior quando comparado as médias dos sistemas convencional (14,08 mg.100g⁻¹)

e orgânico (13,90 mg.100g⁻¹). O que pode ser explicado pelo fato de o íon magnésio estar presente entre os macronutrientes que compõem a solução nutritiva utilizada para o cultivo hidropônico (ANDRIOLO et al., 2009).

Hakala et al. (2003) observaram que o magnésio foi um dos minerais com maior conteúdo em cultivares de morangos estudadas, com valores variando de 11,20 mg.100g⁻¹ a 22,30 mg.100g⁻¹, entretanto, estes autores encontraram variações significativas quando comparadas com os sistemas de cultivo convencional e orgânico, sendo este último o mais expressivo.

A concentração de manganês no sistema convencional (0,32 mg.100g⁻¹) foi superior ao sistema hidropônico (0,29 mg.100g⁻¹) e orgânico (0,25 mg.100g⁻¹), porém estes teores não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$). De acordo com estudo de Hargreaves et al. (2008), os fertilizantes inorgânicos foram responsáveis pelo aumento da concentração de manganês em culturas de morangos convencionais quando comparadas com o sistema de cultivo orgânico.

No presente estudo os conteúdos de ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu) observados na Tabela 2 apresentam-se com médias superiores às encontradas em estudo de Hakala et al. (2003), estes autores encontraram concentrações em torno de 0,27 – 0,62 mg.100g⁻¹ para ferro, 0,09 – 0,12 mg.100g⁻¹ para zinco e 0,04 – 0,06 mg.100g⁻¹ para cobre, entretanto é possível verificar que em ambos os estudos não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os diferentes sistemas de cultivo, para estes minerais.

Quanto aos valores de IDR (ingestão diária recomendada) pode-se observar que estes minerais encontram-se abaixo da ingestão diária preconizada, sendo os valores padrões de 240 – 420 mg, 1,6 – 2,3 mg, 8 - 18 mg, 8 - 11 mg e 0,7 - 0,9 mg para Mg, Mn, Fe, Zn e Cu, respectivamente. Desta forma, de acordo com a Tabela 2, não pode-se considerar o morango como fonte desses minerais já que seriam necessárias quantidades elevadas de morango para suprir as referências diárias recomendadas (USDA, 2010).

De forma substancial pode-se inferir que a diferença básica entre os sistemas de cultivo, em relação à absorção de nutrientes, é que no solo há a necessidade da

mineralização dos elementos químicos para posteriormente serem fixados ao complexo coloidal ou retirados pelas raízes das plantas. Nesta mineralização pode ocorrer a ação de microorganismos decompositores da matéria orgânica ou a própria dissolução dos sais naturais presentes no solo. No sistema hidropônico, a adição de sais fertilizantes à água fornece diretamente a quantidade de íons necessários na solução nutritiva (MORAES, 1997; STERTZ, 2005).

3.3 Determinação do conteúdo de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados do conteúdo de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais nos três sistemas de cultivos. Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os valores médios de fenólicos totais nos três sistemas de cultivo.

Tabela 3 - Efeitos dos diferentes sistemas de cultivo nos conteúdos de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais (mg.100g⁻¹) em morangos cultivar 'Albion'.

Sistemas de cultivo	Fenólicos (mg.100g ⁻¹)*	Flavanóis (mg.100g ⁻¹)**	Antocianinas (mg.100g ⁻¹ ***)
Convencional	161,66 ± 5,43 ^b	75,94 ± 1,52 ^a	17,59 ± 2,34 ^b
Orgânico	145,66 ± 8,38 ^c	46,35 ± 18,59 ^b	20,12 ± 1,05 ^b
Hidropônico	180,44 ± 4,32 ^a	51,97 ± 1,68 ^{ab}	28,66 ± 1 ^a

Valores em peso fresco (PF) de morango expressos como médias ± desvio padrão (n=3). *Valores expressos em equivalente de ácido gálico (GAE) 100g PF. ** Valores expressos em equivalente de catequina (CAE) 100g PF. *** Valores expressos em cianidina 3-glicosídeo 100g PF. Valores na mesma coluna seguidos de diferentes letras são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados demonstraram que o maior conteúdo de fenólicos totais foi encontrado no sistema de cultivo hidropônico (180,44 mg GAE 100g⁻¹), seguido do

cultivo convencional (161,66 mg GAE 100g⁻¹) e cultivo orgânico (145,66 mg GAE 100g⁻¹).

De acordo com estudo de Bordignon-Júnior (2008) os teores de fenólicos em morangos foram superiores quando cultivados em sistema convencional, em média 153.66 mg GAE 100g⁻¹, comparados aqueles cultivados pelo sistema hidropônico

Asami et al. (2003), observaram que morangos produzidos em sistema denominado agricultura sustentável, onde implica o uso de quantidades mínimas de insumos agrícolas, obtiveram teores de compostos fenólicos superiores aos morangos cultivados pelo sistema convencional.

Lombardi-Boccia (2004) ao analisarem ameixas (*Prunus domestica* L.) cultivadas em sistema orgânico e sistema convencional encontraram conteúdo de fenólicos totais significativamente maiores nas ameixas cultivadas pelo sistema convencional.

De acordo com o conteúdo de flavanóis totais (Tabela 3), é possível observar que o teor deste fitoquímico foi significativamente maior no sistema convencional (75,94 mg CAE. 100g⁻¹) seguido do sistema hidropônico (51,97 mg CAE. 100g⁻¹) e orgânico (35 mg CAE. 100g⁻¹). Sendo que convencional e hidropônico não diferiram significativamente ($p>0,05$), assim como hidropônico e orgânico.

Nos resultados de antocianinas monoméricas totais (Tabela 3) o método de cultivo hidropônico apresentou a maior média 28,66 mg.100g⁻¹ cianidina 3-glicosídeo diferindo significativamente quando comparado aos sistemas de cultivo orgânico 20,12 mg.100g⁻¹ cianidina 3-glicosídeo e convencional 17,59 mg.100g⁻¹ cianidina 3-glicosídeo, os quais não diferiram estatisticamente entre si.

Segundo estudo de Bordignon-Júnior (2008), o sistema convencional produziu maiores teores de antocianinas em frutos de morangueiro quando comparado ao sistema hidropônico, sendo que o valor encontrado foi de 19,0 mg equivalentes de cianidina 3-glicosídeo.100g de fruto.

Olsson et al. (2006) observaram que os níveis de flavanóis e antocianinas, apresentaram médias superiores em todas as cultivares de morango produzidas pelo sistema orgânico quando comparadas às convencionais, porém nem todas as médias apresentaram diferença significativa, o que estaria relacionado às diferentes cultivares estudadas.

Wang et al. (2008) em um estudo com mirtilo (*Vaccinium myrtillus* L.) concluíram que os sistemas de cultivo convencional e orgânico afetaram significativamente o conteúdo fitoquímico do fruto, sendo que os produzidos pelo sistema orgânico apresentaram quantidades superiores de fenólicos quando comparados aos frutos produzidos pelo método convencional. Segundo esses autores as técnicas de cultivo, a localização e as radiações ultravioleta são alguns dos fatores que afetam o conteúdo de fenólicos totais, antocianinas e atividade antioxidante total.

Conforme demonstrado em estudo de Dani et al. (2007) com videiras, a composição fenólica apresentou diferença expressiva entre sucos obtidos de uvas variedade bordeaux cultivadas em sistemas orgânicos e convencionais, demonstrando maior teor no sistema orgânico.

Segundo Klimov et al. (2008) substâncias fenólicas, como os flavonóides, podem ser influenciadas pela temperatura e radiação, assim altas temperaturas e maior radiação solar estão associados com maiores concentrações de flavonóides.

3.4 Atividade Antioxidante Total

3.4.1 Métodos ABTS e FRAP

Na Figura 3, pode-se observar os resultados da atividade antioxidante *in vitro* analisados pelos métodos ABTS e FRAP em morangos (*Fragaria X ananassa* Duch) nos diferentes sistema de cultivos estudados.

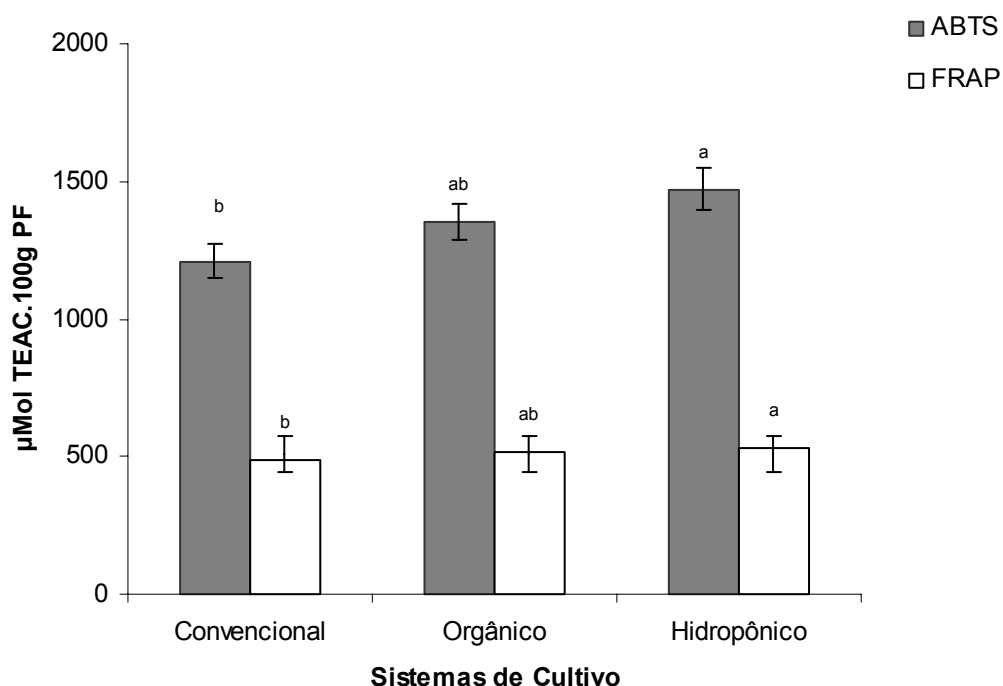


Figura 3 - Atividade antioxidante *in vitro* pelos métodos ABTS e FRAP de morangos cultivados pelos métodos convencional, orgânico e hidropônico.

Os resultados mostraram que para o método ABTS e o método FRAP, os sistemas orgânico e hidropônico, não diferiram estatisticamente ($p>0,05$) entre si, igualmente para os sistemas convencional e orgânico

Como observado nas análises de fenólicos totais e antocianinas (Tabela 3), a atividade antioxidante *in vitro*, analisada pelos métodos ABTS e FRAP, foi significativamente maior no sistema hidropônico ($1472,72 \mu\text{mol.100g}^{-1}$ e $528,36 \mu\text{mol.100g}^{-1}$ respectivamente), quando comparada com o sistema convencional ($1209,61 \mu\text{mol.100g}^{-1}$ no método ABTS e $482,49 \mu\text{mol.100g}^{-1}$ no método FRAP).

Estudos sugerem que o morango geralmente possui um alto nível de atividade antioxidante, relacionado com os compostos fenólicos na fruta (HEINONEN; MEYER; FRANKEL, 1998; VINSON et al., 2001).

Olsson et al. (2006) observaram que morangos cultivados pelo sistema orgânico apresentaram níveis mais elevados de antioxidantes em relação aos cultivados pelo sistema convencional.

Hargreaves et al (2008) avaliaram o efeito de fertilizantes orgânicos e inorgânicos em frutos de morango em termos de capacidade antioxidante total. Os autores observaram que os tratamentos não afetaram a capacidade antioxidante.

De acordo com os resultados encontrados nesse estudo pode-se sugerir que a condição da cultura orgânica oferece um substrato com nutrientes balanceados e disponíveis a metabolização pela planta visando um desenvolvimento menos agressivo à planta. Em contrapartida no sistema convencional há um maior uso de defensivos agrícolas que promovem a aceleração do metabolismo da planta levando a uma produção maior dos compostos de defesa, ou seja, o aumento dos conteúdos de compostos fenólicos essencialmente produzidos, isso justificaria os teores de fenólicos totais e flavanóis totais superiores apresentados pelos frutos produzidos convencionalmente quando comparado ao orgânico.

Adicionalmente temos o cultivo hidropônico que apresenta diversas condições que podem levar à planta ao estresse, já que esse sistema se difere em alguns aspectos nas condições naturais de reprodução de um vegetal, fato este que também vem a justificar os altos valores para fenólicos totais, antocianinas totais e consequente atividade antioxidante total encontrados nos morangos produzidos pelo sistema hidropônico.

Contudo, outros estudos devem ser realizados visando uma mesma região de cultivo para todos os sistemas a serem estudados e assim submetendo a planta a condições edafoclimáticas semelhantes.

4 CONCLUSÕES

Os sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico afetaram significativamente os compostos fitoquímicos do morango.

No sistema convencional foram verificados valores superiores de compostos fenólicos e atividade antioxidante quando comparados ao cultivo em sistema orgânico.

Os principais elementos minerais encontrados foram magnésio, ferro e zinco, sendo que apenas o magnésio diferiu entre os sistemas de cultivo.

O cultivo hidropônico influenciou positivamente o conteúdo de umidade, magnésio, fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante total.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. **Official methods of analysis** (18th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2005.

ARNOUS, A.; MAKRIS, D.; KEFALAS, P. Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, p. 655-665, 2002.

ASAMI, D. K.; HONG, Y.; BARRETT, D.M.; MITCHELL, A. E. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 1237-1241, 2003.

BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BORDIGNON-JÚNIOR, C.L. Análise química de cultivares de morango em diferentes sistemas de cultivo e época de colheita. 144 p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Passo Fundo, 2008.

BORGUINI, R.G.; TORRES, E.A.F.S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, p. 64-75, 2006.

BOURN, D.; PRESCOTT, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 42, p. 1-34, 2002.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Portaria nº3, de 16.01.1992: ratifica os termos das “diretrizes e orientações referentes à autorização de registros, renovação de registro e extensão de uso de agrotóxicos e afins - nº 1, de 09.12.1991. Diário Oficial da União, 1992.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento**. Lei Federal n. 10.831 de dezembro de 2003. Dispõe sobre normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 11, 2003.

CAPOCASA, F.; SCALZO, J.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. **Food Chemistry**, v. 111, p. 872 – 878, 2008.

DANI, C.; OLIBONI, L.S.; VANDERLINDE, R.; BONATTO, D.; SALVADOR, M.; HENRIQUES, J.A.P. Phenolic content and antioxidant activities of white and purple juices manufactured with organically- or conventionally-produced grapes. **Food and Chemical Toxicology**, v. 45, p. 2574 - 2580, 2007.

FAO/OMS. **El codex alimentarius**: directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente. Available at < <http://www.fao.org>. >, 2009.

FAVARO-TRINDADE, C.S.; MARTELLO, L.S.; MARCATTI, B.; MORETTI, T.S.; PETRUS, R.R.; ALMEIDA, E.; FERRAZ, J.B.S. Efeito dos sistemas de cultivo orgânico, hidropônico e convencional na qualidade de alface lisa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, p. 111-115, 2007.

FURLANI, P.R. Nutrição mineral de hortaliças: prepare e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, v. 20, p. 90-98, 1999.

FURLANI, P.R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. **Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido**. In: Simpósio nacional do morango & encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul, 2., 2004, Pelotas. Anais...Pelotas: Corrêa Antunez, L.E. et al., (eds.). EMBRAPA, p.102-115. (Documentos 124) , 2004.

GIOVANELLI, G.; BURATTI, S. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. **Food Chemistry**, v. 112, p. 903-908, 2009.

GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E. **Anthocyanins. characterization and measurement with uv-visible spectroscopy**. In: Wrolstad, R. E. (Ed.). Current protocols in food analytical chemistry. New York: John Wiley & Sons, Unit. F1.2, p. 1-13, 2001.

HAKALA, M.; LAPVETELÄINEN, A.; HUOPALAHTI, R.; KALLIO, H.; TAHVONEN, R. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 16, p. 67–80, 2003.

HANNUM, S. M. Potential impact of strawberries on human health: A review of the science. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, p. 1–17, 2004.

HARDISSON, A. et al. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. **Food Chemistry**, v. 73, p. 153-161, 2001.

HARGREAVES, J.C.; ADL, M.S.; WARMAN, P.R.; RUPASINGHE, H.P.V. The effects of organic and conventional nutrient amendments on strawberry cultivation: Fruit yield and quality. **Journal of the Science and Food Agricultural**, v. 88, p. 2669 – 2675, 2008.

HEINONEN, M.I.; MEYER, A.S.; FRANKEL, E.N. Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4107 – 4112, 1998.

JONES, J.B.; CASE, V.W. **Sampling handling and analyzing plant tissue samples**. In R. L. Westerman (Ed.), Soil testing and plant analysis (pp. 389–427). Madison, WI: Soil Science Society of America, 1990.

KLIMOV, S.V.; BURAKHANOVA, E.A.; DUBININA, I.M.; ALIEVA, G.P.; SAL'NIKOVA, E.B.; OLENICHENKO, N.A. Suppression of the source activity affects carbon distribution and frost hardiness of vegetating winter wheat plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 55, p. 308–314, 2008.

KROLOW, A.C.; SCHWENGBER, J.; FERRI, N. Avaliações físicas e químicas de morango cv. Aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, p. 1732 – 1735, 2007.

LIU, M.; LI, X.Q.; WEBER, C.; LEE, C.Y.; BROWN, J.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 2926 – 2930, 2002.

LOMBARDI-BOCCIA, G.; LUCARINI, M.; LANZI, S.; AGUZZI, A.; CAPPELLONI, M. nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) From Conventional and Organic Productions: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 90 - 94, 2004.

MEYERS, K. J.; WATKINS, C. B.; PRITTS, M. P.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6887-6892, 2003.

MORAES, C. A. G. **Como cultivar tomates em sistema NFT: técnica do fluxo laminar de nutrientes**. 1ª ed. DESQ Editora, Jundiaí, 148 p.,1997.

MORAES, C.A.G.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de fruta em hidroponia. **Informe Agropecuário**, v. 20, p. 105-113, 1999.

OLIVARES, M. et al. Iron, zinc, and copper: contents in common chilean foods and daily intakes in Santiago, Chile. **Nutrition**, v. 20, n. 2, p. 205-212, 2004.

OLSSON, M.E., ANDERSSON, C.S., OREDSSON, S., BERGLUND, R.H., GUSTAVSSON, K. Antioxidant levels and inhibition of cancer cell proliferation in vitro by extracts from organically and conventionally cultivated strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 1248-1255, 2006.

PARANJPE, A.; CANTLIFFE, D. J.; LAMB, E. M.; STOFFELLA, P. J.; POWELL, C. Winter strawberry production in greenhouses using soilless Substrates: An alternative to methyl bromide soil fumigation. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Science**, v. 116, p. 98-105, 2003.

PINTO, M. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Food Chemistry**, v. 107, p. 1629–1635, 2008.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, p. 1231–1237, 1999.

RINALDI, M.M; SANDRI, D; RIBEIRO, M.O.; AMARAL, A.G. Physico-chemical and nutritional characteristics of bell pepper produced in the field and through a hydroponic production system. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 558-563, 2008.

ROSSI, J. A .J.; SINGLETON, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.

SANCHEZ-CASTILLO, C.P. et al. The mineral content of mexican fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 11, p. 340-356, 1998.

SHIN, Y.; LIU, R.H.; NOCK, J.F. HOLLIDAY, D.; WATKINS, C.B. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 349–357, 2007.

SUN, J.; CHU, Y. F.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 7449–7454, 2002.

STERTZ, S. C.; FREITAS, R. J. S.; ROSA, M. I. S.; PENTEADO, P. T. P. S. Qualidade nutricional e contaminantes de alface (*Lactuca sativa* L.) convencional, orgânica e hidropônica. **Visão Acadêmica**, v. 6, p. 51-59, 2005.

TAHVONEN, R. Contents of selected elements in some fruits, berries and vegetables on the Finnish market in 1987–1989. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 6, p. 75–86, 1993.

TULIPANI, S.; ROMANDINI, S.; BUSCO, F.; BOMPADRE, S.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Ascorbate, not urate, modulates the plasma antioxidant capacity after strawberry intake. **Food Chemistry**, v. 117, p. 181–188, 2009.

USDA. **United States Department of Agriculture**, Dietary Reference Intakes: Elements. Available at < <http://fnic.nal.usda.gov/nal> >, 2010.

VINSON, J. A.; SU, X.; ZUBIQ, L.; BOSE, P. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 5315 - 5321, 2001.

WANG, S. Y.; CHEN, C.; SCIARAPPA, W.; WANG, C. Y.; CAMP, M. J. Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 5788 – 5794, 2008.

WANG, S. Y.; JIAO, H. scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 5677 - 5684, 2000.

WANG, S. Y.; ZHENG, W.; GALLETTA, G. J. Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6534 - 6542, 2002.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM MORANGOS (*Fragaria X ananassa* Duch) NO CICLO DE COLHEITA DO FRUTO PRODUZIDO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE EM MORANGOS (*Fragaria X ananassa* Duch) NO CICLO DE
COLHEITA DO FRUTO PRODUZIDO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**

RESUMO

Morangos são uma excelente fonte de compostos bioativos, entretanto sua composição fitoquímica pode sofrer alterações de acordo com as cultivares, o manejo agrícola, sistemas de cultivo, o clima e a região de produção, bem como o grau de maturação. Neste estudo foram avaliados os teores de umidade, sólidos solúveis totais, compostos fenólicos e atividade antioxidante total *in vitro* (DPPH) em morangos das cultivares 'Albion' e 'Aromas' produzidos sob os sistemas de cultivo convencional e orgânico durante o ciclo de colheita da safra de 2008/2009. Os dados foram submetidos à análises de variância (ANOVA) e a análise de componentes principais (PCA) foi aplicada para definir os grupamentos das amostras de acordo com as variáveis estudadas. Para fenólicos totais houve diferença significativa entre os sistemas de cultivo e os períodos de colheita, sendo que os maiores teores variaram de 201,26 – 225,20 mg GAE. 100g⁻¹, bem como para os flavanóis totais 81,22 – 126,80 mg CAE. 100g⁻¹ e antocianinas monoméricas totais 21,18 – 28,31 mg cianidina-3-glicosídeo.100g⁻¹. A atividade antioxidante total apresentou diferença significativa entre as cultivares, sistemas de cultivo e períodos de colheita, com médias variando entre 1096,20 – 1873,16 µMol TEAC. 100g⁻¹. Observou-se uma forte correlação entre fenólicos totais e flavanóis totais. Os resultados confirmam o morango como uma importante fonte de compostos fenólicos com atividade antioxidante e evidenciam que os diferentes sistemas de cultivo e os períodos de colheita influenciam diretamente nos teores desses compostos.

Palavras-chave: Morangos, convencional, orgânico, atividade antioxidante, compostos fenólicos.

ANALYSIS OF PHENOLICS COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY LEVEL OF STRAWBERRIES (*Fragaria x ananassa* Duch) IN THE HARVEST PERIODS OF THE FRUIT PRODUCED UNDER DIFFERENT AGRICULTURAL SYSTEMS.

ABSTRACT

Strawberries are an excellent font of bioactive compounds, however its nutritional composition can suffer alterations in accordance to the cultivar, agricultural management, agricultural systems, climate and the production region, as well as maturation degree. In this work strawberries of cultivar 'Albion' and 'Aromas' produced by conventional, organic agricultural system during 2008/2009 harvest were analyzed and compared in moisture levels, soluble solids, phenolic compounds, *in vitro* total antioxidant activity (DPPH). Data were submitted to the analysis of variance (ANOVA) and principal compounds analysis (PCA) was applied to define the sample groups in accordance to the variables studied. Total phenolics showed significant difference between agricultural systems and harvest periods, being the higher levels between 201,26 – 225,20 mg GAE. 100g⁻¹, as well as to total flavanols 81,22 – 126,80 mg CAE. 100g⁻¹ and total monomeric anthocyanins 21,18 – 28,31 mg cianidina-3-glicosídeo.100g⁻¹. Total antioxidant activity showed significant difference between cultivars, agricultural systems and harvest period with averages between 1096,20 – 1873,16 µMol TEAC. 100g⁻¹. It was noticed a strong relation between total phenolics and total flavanols. Results confirm strawberries as an important source of phenolic compounds with antioxidant activity, and evidence that, the different agricultural systems and the harvest period influence directly in the concentration of these compounds.

Keywords: Strawberries, conventional, organic, antioxidant activity, phenolic compounds.

1 INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) é classificado como um fruto não climatérico e sua produtividade e qualidade são influenciadas pelos elementos micro-meteorológicos e pelos sistemas de cultivo. Apresenta ampla variedade de compostos fenólicos, incluindo ácidos hidroxicinâmicos, ésteres, ácido elágico, taninos, flavanóis, flavonols e antocianinas, além do ácido ascórbico (MEYERS et al., 2003; MÄÄTTÄ-RIIHINEN et al., 2004; NACZK; SHAHIDI, 2006).

A agricultura convencional e orgânica são as principais práticas culturais utilizadas na produção de alimentos. O objetivo de cada uma dessas práticas é muito diferente em relação ao rendimento das culturas, tratamento do solos, uso de pesticidas e impacto ambiental. No sistema convencional, a melhoria da fertilidade do solo baseia-se essencialmente na utilização de fertilizantes sintéticos. No sistema orgânico a melhoria da fertilidade do solo está relacionada à introdução da rotação de culturas, adubações verdes e nutrientes de fontes orgânicas (ROSEN; ALLAN 2007).

Evidências indicam que alimentos orgânicos apresentam um teor mais elevado de substâncias fenólicas, na maioria dos estudos realizados; entretanto, é preciso mais pesquisa para validar esta afirmação. Estudos relativos aos teores de compostos com propriedades fitoquímicas ainda são pouco conclusivos (KOVAČEVIĆ et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi determinar se os fatores sistemas de cultivo e período de colheita apresentam influência nos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante total de duas cultivares de morango (Aromas e Albion).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Reagentes

Reagente de Folin-Ciocalteu's foi obtido da Fluka Chemie AG (Buchs, Suíça). 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH), Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico) e 4-dimetilaminocinnamaldeído (DMACA) foram adquiridos da Sigma-Aldrich Chemie (Steinheim, Alemanha). Ácido gálico, carbonato de sódio e persulfato de potássio foram adquiridos da Vetec (São Paulo, Brasil).

2.2 Amostras

Foram analisados frutos de morango cultivar 'Albion' e 'Aromas' produzidos pelo sistema convencional e orgânico na safra de 2008/2009, coletadas na região serrana de Santa Catarina, município de Rancho Queimado em diferentes propriedades rurais, altitude entre 700 e 1000m, situada entre as coordenadas geográficas 27°40' 21" latitude Sul e 49° 01' 18" longitude Oeste de Greenwich. Todas as amostras foram colhidas no mesmo dia dos respectivos meses de setembro, outubro e dezembro de 2008 e janeiro e março de 2009. A cada período especificado eram coletados aproximadamente 200 g de morangos de cada produtor, totalizando 2 kg de morango a cada colheita de amostras. Produtores convencionais fizeram uso de fertilizantes, pesticidas e herbicidas, segundo instruções normativas (BRASIL, 1992) e produtores orgânicos devidamente certificados pela registradora ECOCERT[®], utilizaram-se das normas baseados nas instruções normativas de BRASIL (2003).

2.3 Preparo das amostras

Os frutos para análise foram selecionados considerando viáveis os totalmente sadios, desta forma escolheu-se morangos de diferentes tamanhos, variando de 2 a 6 cm, entre 5 a 20 g de peso e considerados maduros entre 5 e 9 °Brix. Após seleção e retirada dos pedúnculos as amostras foram lavadas com água deionizada e colocadas sobre papel toalha durante 5 minutos, para remoção do excesso de água, em seguida trituradas em moinho de bancada marca IKA A11 e imediatamente submetidas à análise, em temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$).

2.4 Determinação de umidade e sólidos solúveis totais

O conteúdo de umidade foi determinado por via gravimétrica (AOAC, 2005; método 985.14) e os resultados expressos em porcentagem (% m/m) de água no fruto. Para o conteúdo de sólidos solúveis totais os dados foram obtidos com auxílio do refratômetro de bancada, marca JENA, e os resultados expressos em °Brix (AOAC, 2005; método 37.1.15).

2.5 Preparo dos extratos

Massas de cinco gramas (5g) das amostras de morangos frescos anteriormente trituradas foram extraídas com 50 mL de solução de acetona:água (80:20 v/v), como descrito por Liu et al. (2002) e Shin et al. (2007), em banho ultrassom 1400A (Unique, São Paulo, Brasil), por um período de 15 minutos, à temperatura ambiente. Após os extratos foram centrifugados a 1500 rpm por 10 minutos em centrífuga Fanem modelo 280R (Fanem, São Paulo, Brasil) e o sobrenadante transferido para um frasco e reservado em temperatura de 10°C para posterior análise.

2.6 Determinação do conteúdo de fenólicos totais

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método de Folin-Ciocalteu (ROSSI; SINGLETON, 1965). A leitura da absorbância foi realizada a 765 nm usando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). Os valores expressos em miligramas de equivalente ácido gálico (GAE) por 100g de peso fresco (PF).

2.7 Determinação do conteúdo de flavanóis totais

O teor de flavanóis totais dos frutos foi estimado aplicando o método DMACA (p-dimetilaminocinamaldeído) (ARNOUS; MAKRIS; KEFALAS, 2001). A leitura de absorbância foi realizada a 640 nm utilizando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). As concentrações totais de flavanóis foram expressas em miligramas de equivalente catequina (CAE) por 100g de peso fresco (PF).

2.8 Determinação do conteúdo de antocianinas monoméricas totais

A determinação do conteúdo de antocianinas monoméricas totais foi realizada aplicando o método por diferença de pH segundo Giusti e Wrolstad (2001). A absorbância foi medida utilizando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK) no comprimento de onda mínimo em 510 nm e máximo em 700 nm em tampão pH 1,0 e pH 4,5. A absorbância foi calculada a partir da equação: $A = (A_{\text{max. vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1,0} - (A_{\text{max vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4,5}$. Os resultados foram expressos como concentração de pigmentos monoméricos ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e expressos em equivalente à cianidina-3-glicosídeo (ϵ 26900).

2.9 Determinação da atividade antioxidante total

Para a determinação da atividade antioxidante aplicou-se o método de sequestro de radicais DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) de acordo com descrito por Kim et al. (2002). Avaliou-se a redução da absorbância do radical DPPH 100 μ M (2,9 mL) dissolvido em solução aquosa de metanol a 80 %. A leitura foi realizada no comprimento de onda de 515 nm (Hewlett-Packard 8452A) no tempo inicial e após 30 min da adição de cada extrato. Os resultados foram expressos em μ mol de equivalente Trolox em 100g de peso fresco (PF).

2.10 Análise estatística

Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão (DP) de três repetições e comparados por meio da análise de variância (ANOVA). O teste de Tukey aplicado para verificar diferença significativa entre as amostras ao nível de 1% e 5% de significância. Correlações entre os parâmetros foram analisados utilizando a correlação de Pearson. Análises de componentes principais (PCA) foram realizadas para demonstrar os agrupamentos de amostras e suas variáveis. Todas as análises foram realizadas utilizando o software STATISTICA 7.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, E.U.A.).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fatores ambientais são determinantes para crescimento e desenvolvimento de frutas e vegetais (BINDI; FIBBI; MIGLIETTA, 2001). Substâncias fenólicas, como os flavonóides, podem ser influenciadas pela temperatura e radiação. Altas temperaturas são associadas com maior concentração de flavonóides (ATKINSON et al., 2006; KLIMOV et al., 2008).

Na Tabela 4 encontram-se os dados climáticos da região de Rancho Queimado – SC, nos respectivos períodos de colheita da safra de 2008/2009.

Tabela 4 – Parâmetros climáticos observados durante o ciclo de colheita (2008 – 2009) de morango na região de Rancho Queimado – SC, Brasil.

Colheita	Data (mês/ano)	PPT* (mm)	URA** (%)	TA Min – Max*** (°C)
1	Set/08	239,8	82,0	1,8 – 32,9
2	Out/08	417,8	87,0	9,9 – 31,5
3	Dez/08	103,8	80,0	9,2 – 33,1
4	Jan/09	15,0	81,0	10,2 – 33,7
5	Mar/09	101,8	84,0	14,3 – 31,2

*Dados mensais da precipitação pluviométrica total (PPT), **Umidade relativa do ar (URA),

***Temperatura absoluta (TA) mínima e máxima

Fonte: Epagri, 2009.

3.1 Determinação dos teores de umidade e sólidos solúveis totais

Os resultados das análises de umidade e sólidos solúveis totais das cultivares ‘Albion’ e ‘Aromas’ nos diferentes sistemas de cultivos estudados estão apresentados na Tabela 5.

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os períodos de colheita nos sistemas de cultivo e nas cultivares ‘Albion’ e ‘Aromas’.

Tabela 5 - Teores de umidade e sólidos solúveis totais (SST) durante os diferentes períodos de colheita em morangos cultivares Albion e Aromas produzidos sob os sistemas de cultivo convencional e orgânico.

Sistema de cultivo	Períodos Colheita	Albion		Aromas	
		Umidade (%)	SST (°Brix)	Umidade (%)	SST (°Brix)
Convencional	Set/08	91,90±0,0 ^{ab}	7,37±0,0 ^{ab}	92,77±0,6 ^a	6,65±0,5 ^a
	Out/08	92,55±0,0 ^a	6,62±0,5 ^b	92,27±2,2 ^a	5,24±0,2 ^b
	Dez/08	91,04±1,9 ^{ab}	7,00±0,5 ^{ab}	93,70±0,7 ^a	6,05±0,7 ^{ab}
	Jan/09	88,94±2,3 ^b	7,93±0,5 ^a	93,25±1,0 ^a	6,57±0,2 ^a
	Mar/09	91,24±0,3 ^{ab}	7,84±0,1 ^a	93,27±0,3 ^a	6,58±0,2 ^a
Orgânico	Set/08	91,37±0,6 ^{bc}	7,80±0,3 ^{bc}	92,72±0,2 ^b	6,62±0,4 ^b
	Out/08	93,20±0,2 ^{ab}	7,24±0,0 ^{cd}	94,13±0,0 ^a	5,27±0,2 ^c
	Dez/08	93,31±1,4 ^{ab}	8,35±0,3 ^{ab}	92,95±0,1 ^b	7,05±0,1 ^{ab}
	Jan/09	89,69±0,3 ^c	8,80±0,1 ^a	91,48±0,1 ^c	7,65±0,0 ^a
	Mar/09	92,11±0,2 ^{ab}	7,15±0,1 ^d	92,95±0,5 ^b	6,65±0,2 ^b

Valores expressos como médias ± desvio padrão (n=3).

Valores na mesma coluna seguidos de diferentes letras são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

No sistema convencional a variação no teor de umidade entre os períodos de colheita variou de 88,94% a 92,55% para a cultivar ‘Albion’, sendo que na cultivar ‘Aromas’ não foi observada diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os períodos de colheita. No sistema orgânico houve variação de 89,69% a 93,31% (Albion) e 91,48% a 94,13% (Aromas), entre os períodos de colheita.

Comparando os dados da Tabela 4 com os resultados da Tabela 5 é possível verificar a influência do índice de precipitação pluviométrica total (PPT) nos teores de umidade. Sendo que ‘Albion’ convencional e ‘Aromas’ orgânico obtiveram as maiores médias no mês de outubro quando o PPT foi maior (417,8mm), em contrapartida ‘Albion’ convencional e orgânico e ‘Aromas’ orgânico obtiveram as

menores médias no mês de janeiro, onde foi verificado o menor índice de PPT (15,0mm) (Tabela 4).

O teor de sólidos solúveis totais (SST) oscilou entre 6,62 a 7,84 °Brix e 5,24 a 6,65 °Brix no sistema convencional e entre 7,15 a 8,80 °Brix e 5,27 a 7,65 °Brix no sistema orgânico, nas cultivares 'Albion' e 'Aromas', respectivamente. Sendo os menores valores de °Brix observados nos períodos onde a precipitação pluviométrica total (PPT) foi maior o que concorda com o observado por Mercado-Silva et al. (1998) ao analisar SST de goiabas cultivar Media China, em épocas de maior precipitação pluviométrica.

3.2 Determinação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante total

Na Tabela 6 estão demonstrados os valores de F e sua significância (*p*) para as variáveis em estudo e os fatores sistema de cultivo, cultivar e período de colheita, bem como suas interações. Para a análise de variância (ANOVA) considerando as variáveis, o fator cultivar não apresenta diferença significativa entre as médias, Entretanto, o fator período de colheita apresenta-se significativo ao nível de 0,1% para todas as variáveis em estudo, demonstrando um alto valor de F para variáveis fenólicos totais (FT) e flavanóis totais (FVT) com 88,93 e 71,66, respectivamente. O que prova sua relevância na variação dos teores fenólicos em relação aos diferentes períodos da safra em que o morango foi colhido. De forma semelhante somente o fator sistema de cultivo é significativo ao nível de 0,1% para as variáveis antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante total (AAT), com os maiores valores de F (14,6 e 24,95, respectivamente), assim conclui-se que sistema de cultivo tem maior influência na atividade antioxidante, seguida das antocianinas, fenólicos e flavanóis.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância (ANOVA) para o conteúdo de fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante total (AAT); valores de F e sua significância (p) para as variáveis.

	Fatores			Interações			
	Sistema (A)*	Cultivar (B)**	Colheita (C)***	AB	AC	BC	ABC
Gl	1	1	4	1	4	4	4
FT	10,37 ^b	3,06 ^d	88,93 ^a	1,13 ^d	4,97 ^b	2,33 ^d	3,38 ^c
FVT	6,26 ^c	3,80 ^d	71,66 ^a	1,11 ^d	20,72 ^a	2,41 ^d	0,72 ^d
AMT	14,6 ^a	0,00 ^d	13,88 ^a	3,05 ^d	8,57 ^a	13,51 ^a	0,37 ^d
AAT	24,95 ^a	8,41 ^a	19,63 ^a	8,41 ^a	6,21 ^a	12,99 ^a	15,22 ^a

Gl: graus de liberdade; FT: fenólicos totais; FVT: flavanóis totais; AMT: antocianinas monoméricas totais; AAT: atividade antioxidante total.

* Sistemas de cultivo: convencional e orgânico.

**Cultivares: 'Albion' e 'Aromas'.

***Períodos de colheita, safra 2008/2009.

a Significante à $p=0,001$, b significativa à $p=0,01$, c significativa à $p=0,05$, d não há significância.

Para a análise de variância (ANOVA) fatorial o resultado global evidencia um efeito significativo nos fatores sistema de cultivo e períodos de colheita para os teores de fenólicos, flavanóis, antocianinas e atividade antioxidante, igualmente para as interações entre os fatores. Contudo, pode-se ainda verificar que o fator cultivar só apresentou diferença significativa para a atividade antioxidante.

Considerando as interações dos fatores em estudo observa-se que as interações entre sistema de cultivo (A) e cultivar (B) não são significativas para as variáveis fenólicos e flavanóis, mas são significativas ao nível de 1% entre as interações sistema de cultivo e período de colheita (C), como também os três fatores somados. As interações entre os fatores sistema de cultivo e colheita apresentam-se significantes ao nível de 0,01% para as variáveis flavanóis, antocianinas e atividade antioxidante, com valor de F 20,72; 8,57; 6,21, respectivamente. Demonstrando que a variável flavanóis é a mais expressiva nas interações.

Na Tabela 7 estão apresentados os teores médios de compostos fenólicos e atividade antioxidante total de um fator (período de colheita) considerando todas as amostras. O teste de Tukey foi realizado para diferenciar os períodos de colheita ao nível de 5% de significância.

De acordo com os resultados, pode-se observar que para os teores de fenólicos totais as maiores médias correspondem aos períodos de colheitas dos meses de janeiro e março, não apresentando diferença significativa entre si, mas diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) quando comparadas aos outros períodos de colheita. Esse resultado pode ser verificado de maneira similar tanto quando comparadas as médias nas diferentes cultivares (Albion e Aromas) quanto comparadas as médias nos diferentes sistemas de cultivo (convencional e orgânico).

Bodignon-Júnior (2008) observou que fenólicos totais em frutos de morangueiro foram afetados pelo sistema de cultivo e a época de colheita. Sendo que o conteúdo de fenólicos foi superior quando cultivados em sistema convencional e no período de colheita próximo ao verão. Atkinson et al. (2006) em trabalho realizado com morango verificaram que o aumento na incidência de radiação alterou os teores dos compostos analisados aumentando-os significativamente.

Comportamento semelhante pode ser observado para os teores de flavanóis totais, onde verifica-se que para as diferentes cultivares e diferentes sistemas de cultivo, os meses de janeiro e março obtiveram as maiores médias diferindo significativamente ($p < 0,05$) dos demais. Nas plantas, os flavanóis agem na proteção das células contra o excesso de radiação UV, pois se acumulam nas camadas epidérmicas das folhas e caules e absorvem intensamente a luz na região do UV, enquanto permitem a passagem contínua dos comprimentos de luz visível, dessa forma o aumento da exposição de plantas à luz UV resulta na maior síntese desses compostos (PIETTA, 2000). Fato que corrobora com os resultados desse estudo, já que os meses de janeiro e março correspondem aos meses de verão, onde há uma maior incidência solar e também temperaturas mais elevadas como pode ser observado na Tabela 4 com os dados climáticos da região produtora.

Tabela 7 - Conteúdo de fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante total (AAT) em morangos cultivar Albion e Aromas produzidos sob diferentes sistemas de cultivo e analisados em diferentes períodos.

Cultivar	Sistema de cultivo	Colheita	FT* (mg.100g)	FVT** (mg.100g)	AMT*** (mg.100g)	AAT**** (µMol.100g)
Albion	Convencional	Set/08	165,76±4,9 ^b	79,38±3,0 ^b	14,98±0,9 ^b	1369,21±8,4 ^b
		Out/08	128,40±1,8 ^c	63,64±10,7 ^b	15,25±1,0 ^b	1414,63±2,4 ^b
		Dez/08	166,67±9,6 ^b	80,41±4,8 ^b	28,31±2,9 ^a	1101,54±9,8 ^b
		Jan/09	209,70±1,7 ^a	81,22±8,1 ^b	17,05±2,5 ^b	1461,12±0,2 ^b
		Mar/09	201,26±4,1 ^a	102,98±8,1 ^a	20,06±4,4 ^b	1873,16±1,5 ^a
	Orgânico	Set/08	135,17±8,3 ^c	44,60±4,3 ^c	20,37±0,7 ^b	1397,00±2,8 ^b
		Out/08	172,27±2,8 ^b	71,42±1,1 ^b	17,06±0,2 ^b	1358,67±2,8 ^b
		Dez/08	176,86±7,0 ^b	91,27±0,8 ^{ab}	25,81±2,6 ^a	1486,22±6,9 ^{ab}
		Jan/09	210,76±1,4 ^a	105,45±2,0 ^a	18,80±2,7 ^b	1461,34±0,8 ^b
		Mar/09	208,66±0,7 ^a	109,69±6,8 ^a	19,25±1,6 ^b	1779,24±2,4 ^a
Aromas	Convencional	Set/08	133,71±2,7 ^c	79,24±0,7 ^b	16,63±0,0 ^{ab}	1197,79±5,3 ^{bc}
		Out/08	138,26±2,6 ^c	64,22±5,6 ^c	15,85±2,1 ^b	1262,98±6,5 ^b
		Dez/08	159,15±5,2 ^{bc}	82,75±3,8 ^b	21,18±1,9 ^a	1472,46±2,1 ^a
		Jan/09	215,94±1,4 ^{ab}	110,91±7,2 ^a	19,34±1,4 ^{ab}	1462,63±0,2 ^a
		Mar/09	183,12±6,5 ^a	79,68±3,4 ^b	17,93±2,3 ^{ab}	1096,20±8,0 ^c
	Orgânico	Set/08	140,27±4,5 ^c	53,90±3,8 ^c	24,97±0,8 ^a	1502,16±9,6 ^b
		Out/08	151,02±0,6 ^c	72,99±3,9 ^c	20,16±2,4 ^{ab}	1256,46±3,5 ^c
		Dez/08	179,70±9,7 ^b	97,87±2,6 ^b	18,03±3,2 ^b	1461,94±8,2 ^b
		Jan/09	225,20±1,8 ^a	126,80±1,7 ^a	22,95±0,8 ^{ab}	1461,45±0,2 ^b
		Mar/09	197,40±9,5 ^{ab}	101,51±8,5 ^b	19,92±1,4 ^{ab}	1800,46±1,1 ^a

Valores em peso fresco (PF) de morango expressos como médias ± desvio padrão (n=3).

*Fenólicos totais equivalente a ácido gálico. **Flavanóis totais equivalente a catequina.

***Antocianinas monoméricas totais equivalente à cianidina 3-glucosídeo. 100g⁻¹ peso fresco.

****Atividade antioxidante total pelo método DPPH equivalente a Trolox

Valores na mesma coluna seguidos de diferentes letras são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os sistemas de cultivo influenciaram os teores de flavonóides nos frutos de morangueiro, em todas as épocas de coleta, sendo que os frutos obtidos a partir do sistema convencional apresentaram teor de flavonóides superior segundo estudo de Bordignon-Júnior (2008). No hemisfério sul, o verão ocorre entre os meses de dezembro a março sendo este o período com maior índice de radiação. Este aumento na radiação solar pode influenciar fortemente a produção e os teores de flavonóides na planta, principalmente nos órgãos mais expostos, como as folhas (KIRCHHOFF et al., 2000; UBI et al., 2006).

Quanto às antocianinas monoméricas totais (AMT) quantificadas nesse estudo (Tabela 7) observa-se que, de forma geral, as médias de AMT não obtiveram uma variação expressiva quanto aos meses de colheita. Na cultivar Albion tanto no sistema de cultivo convencional quanto no sistema de cultivo orgânico somente o mês de dezembro diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais e apresentou as maiores médias, 28,31 - 25,81 mg cianidina 3-glicosídeo.100g⁻¹ respectivamente. Já para cultivar Aromas observou-se uma variância maior, sendo que para o sistema de cultivo convencional o mês de dezembro apresentou a maior média 21,18 mg cianidina 3-glicosídeo.100g⁻¹ diferindo significativamente do mês de outubro que obteve a menor média 15,85 mg cianidina 3-glicosídeo .100g⁻¹. Já o cultivo orgânico em dezembro apresentou os menores teores 18,03 mg cianidina 3-glicosídeo.100g⁻¹ sendo os maiores teores 24,97 mg cianidina 3-glicosídeo .100g⁻¹ encontrados em setembro.

De acordo com esses resultados pode-se inferir que essa variância no conteúdo de AMT pode estar relacionada ao ponto de maturação do morango no momento da colheita, já que segundo Cordenussi et al. (2002), a cor atrativa do morango é devida aos derivados de antocianinas ligados a açúcares e essa quantidade de antocianinas é importante para a avaliação da maturidade dos morangos.

Resultados semelhantes são apresentados no estudo de Bordignon-Júnior (2008) que observou variação no teor de antocianinas nos diferentes períodos de colheita. Erkan et al. (2006) verificaram ainda diferenças significativas no teor de antocianinas totais em frutos de morangueiro, tratados com radiação ultravioleta. Em

estudo com maçãs, foi observado que a influência da radiação solar e da temperatura aumentou a síntese de antocianinas na casca, analisando diferentes cultivares de macieiras, os resultados mais expressivos foram observados em plantas submetidas a maiores radiações e temperaturas próximas a 17 °C, segundo estudo de Ubi et al. (2006).

Os resultados da atividade antioxidante total pelo método DPPH mostram que para a cultivar Albion, no sistema convencional e orgânico, observou-se pouca variação quanto aos períodos de colheita, porém o mês de dezembro obteve significativamente ($p < 0,05$) as maiores médias 1873,16 $\mu\text{Mol TEAC} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e 1779,24 $\mu\text{Mol TEAC} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Quanto à cultivar aromas observa-se maior variação entre as colheitas nos dois sistemas de cultivo, não houve um comportamento semelhante entre sistemas de cultivos e cultivares.

Pinto, Lajolo e Genovese (2008), realizaram um estudo com diferentes cultivares brasileiras de morango, e observaram que houve variação significativa nos conteúdos de antocianinas e atividade antioxidante total pelo método DPPH nos frutos estudados.

Olsson et al. (2006) demonstraram que os morangos cultivados pelo sistema orgânico tinham níveis mais elevados de todos os antioxidantes, incluindo fenólicos totais e flavanóis, do que morangos cultivados pelo sistema convencional, entretanto, Häkkinene e Törrönen (2000) relataram que o cultivo orgânico não teve efeito consistente sobre os níveis de antioxidantes em morangos quando comparados com sistemas de cultivo convencionais.

De acordo com os resultados é possível observar que essas variações nos compostos fenólicos e atividade antioxidante desse estudo obtiveram médias superiores para os sistemas orgânicos quando comparados aos convencionais, porém essas variações alternaram de acordo com a colheita em que foram avaliadas.

3.3 Análise de componentes principais (PCA)

De acordo com o gráfico de PC1 (Figura 4) observa-se que o princípio explica em 80,45% a variância dos dados, sendo que o fator 1 explica 53,33% da variação dos valores e o fator 2 explica 27,12%. A maioria da separação é explicada pelo fator 1 positivamente carregado com todas as variáveis em estudo. As variáveis foram positivamente carregadas no fator 2 (antocianinas, flavanóis e fenólicos) e negativamente (atividade antioxidante).

Para as variáveis estudadas no morango existe uma alta correlação entre os fenólicos e os flavanóis ($r = 0,88$), mas são independentes da variável antocianinas. A variável atividade antioxidante também apresenta-se independente das demais variáveis (Figura 4 e Tabela 8). Resultados estes que vêm a confirmar os dados observados na Tabela 7 deste estudo, onde se verificou um comportamento semelhante para os conteúdos de FT e FVT altos, logo uma maior atividade antioxidante, diferente da variável antocianinas.

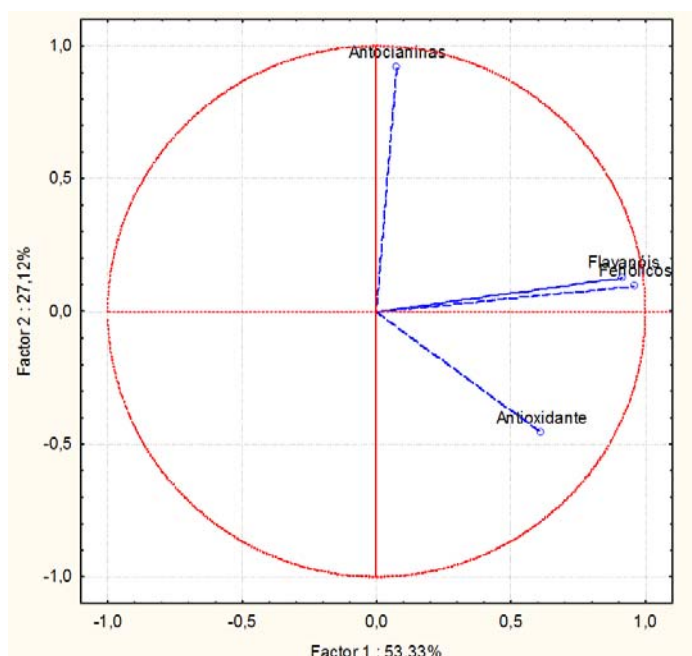
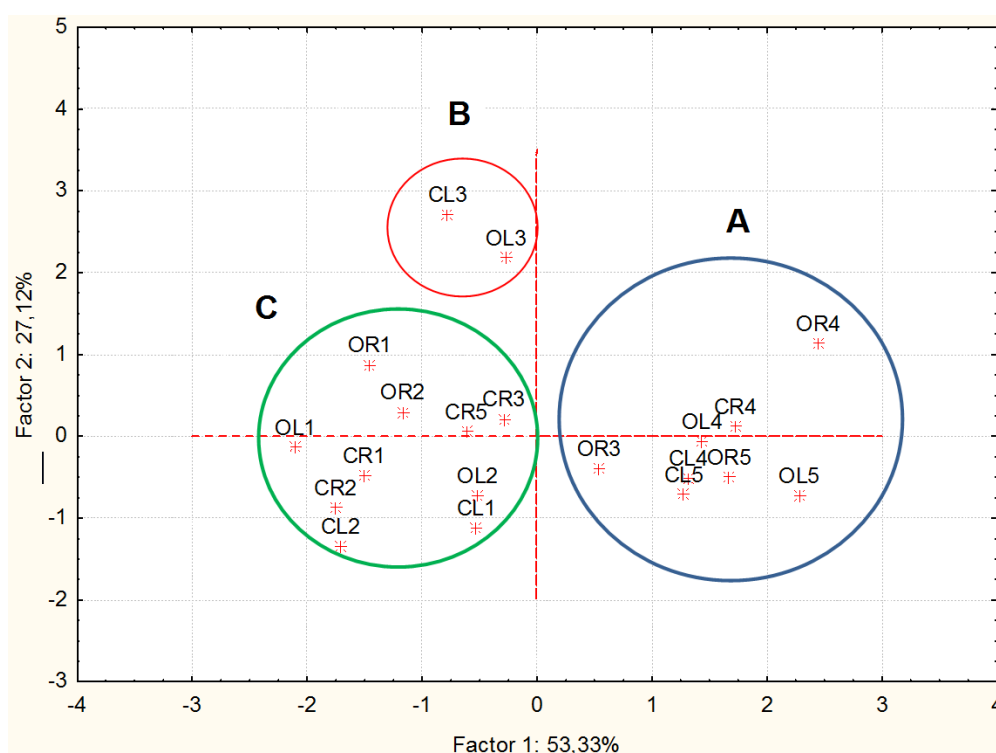


Figura 4 - Análise de componentes principais (PC1) para os teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante total.

Sobrepondo o gráfico de PC1 com PC2 observa-se na Figura 5 que as amostras de morango correspondentes às colheitas de janeiro e março estão no quadrante onde se encontra as variáveis fenólicos, flavanóis e atividade antioxidante, ou seja, amostras em média com maiores teores destes compostos comparados as outras amostras, assim pode-se formar um grupo A (círculo azul) de amostras semelhantes, as quais quanto mais próximas maior a correlação .



*As letras O e C correspondem ao sistema de cultivo: orgânico e convencional; **as letras L e R correspondem às cultivares: albion e aromas; ***e o número corresponde ao período da colheita.

Figura 5 - Análise de componentes principais (PC2) das determinações de compostos fenólicos e atividade antioxidante total para morangos cultivados em sistema orgânico e convencional.

Verifica-se no grupo A (Figura 5) que a cultivar Aromas produzida pelos sistemas convencional e orgânico apresentaram as maiores médias para os teores de FT ($225,20 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $215,94 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e FVT ($126,80 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $110,91 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) respectivamente, de acordo com os resultados da Tabela 7. Já para a

AAT verifica-se que as cultivares Aromas e Albion, ambas produzidas pelo sistema orgânico, apresentaram as maiores médias $1800 \mu\text{mol}.100\text{g}^{-1}$ e $1779,24 \mu\text{mol}.100\text{g}^{-1}$ respectivamente quando observado os valores da colheita 5 (Tabela 7).

O grupo B (círculo vermelho) representa amostras da cultivar Albion correspondente à colheita 3 diferenciando apenas o sistema de cultivo entre elas, este grupo apresenta-se próximo ao eixo das AMT. Dessa forma pode-se observar que essas amostras apresentaram na Tabela 7 as maiores médias de AMT $28,31 \text{ mg}.100^{-1}$ para Albion convencional e $25,81 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$ para Albion orgânico. Entretanto, verifica-se que a cultivar Aromas dessa mesma colheita apresenta-se dividida nos eixos, sendo que Aromas convencional pertencendo ao grupo C (círculo verde) também apresentou a maior média ($21,18 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$) para teores de AMT por sua proximidade ao eixo do fator 1, já para Aromas orgânico observa-se a menor média para AMT ($18,03 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$), o que se explica por essa amostra estar mais próxima ao eixo das AAT, pois estes parâmetros apresentam correlação negativa entre si ($r = -0,13$).

O grupo C (círculo verde) pode-se classificar como um oposto ao grupo A (círculo azul) com as maiores médias, o que pode ser observado com a amostra da cultivar Albion convencional correspondente à colheita 2, esta apresentou (Tabela 7) as menores médias para os teores de FT ($128,40 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$) e FVT ($63,64 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$), pois se traçarmos uma reta diagonal desse ponto ao ponto em que se encontra a amostra das maiores médias desses compostos (OR4) observa-se que eles são pontos completamente opostos, o que explicaria essa relação (Tabela 7).

Na Tabela 8 estão apresentadas as correlações entre as variáveis FT, FVT, AMT e AAT. Existe uma correlação negativa entre as antocianinas e a atividade antioxidante ($r = -0,13$) isto demonstra que as antocianinas não apresentam nenhuma relação com a atividade antioxidante do morango, sendo a correlação de flavanóis e atividade antioxidante moderada ($r = 0,3020$), semelhante a correlação dos FT e ATT ($r = 0,4407$). Já para os teores de fenólicos e flavanóis observa-se uma forte correlação ($r = 0,88$), estas correlações confirmam os resultados mostrados anteriormente na Tabela 7.

Tabela 8 - Correlação entre as variáveis fenólicos totais, flavanóis totais, antocianinas monoméricas totais e atividade antioxidante total.

	Fenólicos	Flavanóis	Antocianinas	Atividade antioxidante
Fenólicos	1	0,8850	0,1044	0,4407
Flavanóis		1	0,0683	0,3020
Antocianinas			1	-0,1300
Atividade antioxidante				1

Kalt et al. (1999) observaram em frutos de morango uma forte correlação com o conteúdo de fenólicos totais ($r = 0,83$) e antocianinas ($r = 0,90$). Novamente no estudo de Pinto, Lajolo e Genovese (2008) foi encontrada em morangos uma correlação entre o valores de capacidade antioxidante obtidos pelo método do DPPH e fenólicos totais determinado pelo método Folin-Ciocalteu ($r = 0,71$). Wang e Lin (2000) também encontraram uma correlação linear entre os valores de capacidade antioxidante pelo método ORAC, e o teor total de fenólicos em amostras de morango estudadas.

Entretanto, pode se concluir que parte da atividade antioxidante dos morangos é devido aos compostos fenólicos, dentre eles os flavanóis, e outra deve a outros compostos bioativos, tais como o ácido elágico e o ácido ascórbico já descrito em outros trabalhos (PINTO; LAJOLO; GENOVESE, 2008).

4 CONCLUSÕES

As cultivares 'Albion' e 'Aromas' não apresentaram diferença entre si em teores de compostos fenólicos, sendo observada diferença apenas para a atividade antioxidante total.

Os sistemas de cultivo convencional e orgânico variaram significativamente em todos os parâmetros aqui analisados: umidade, sólidos solúveis, compostos fenólicos e atividade antioxidante total.

Quanto aos períodos de colheita foi possível observar diferenças significativas e estas mostraram ter relação entre as variáveis estudadas, assim como também entre as condições climáticas à que o fruto estava exposto. Sendo que no período do verão (entre dezembro e março) obtiveram-se os melhores resultados.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. **Official Methods of Analysis** (18th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2005.

ARNOUS, A.; MAKRIS, D.; KEFALAS, P. Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, p. 655-665, 2002.

ATKINSON, C.J.; DODDS, P.A.A.; FORD, Y.Y.; LE MIÈRE, J.; TAYLOR, J.M.; BLAKE, P.S.; PAUL, N. Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria x ananassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. **Annals of Botany**, v.97, p.429-441, 2006.

BORDIGNON-JÚNIOR, C.L. Análise química de cultivares de morango em diferentes sistemas de cultivo e época de colheita. 144 p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Passo Fundo, 2008.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, p. 64-75, 2006.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Portaria nº3, de 16.01.1992: ratifica os termos das “diretrizes e orientações referentes à autorização de registros, renovação de registro e extensão de uso de agrotóxicos e afins - nº 1, de 09.12.1991. Diário Oficial da União, 1992.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento**. Lei Federal n. 10.831 de dezembro de 2003. Dispõe sobre normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 11, 2003.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, v. 83, p. 167–173, 2003.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. **Anthocyanins. characterization and measurement with UV-visible spectroscopy**. In: Wrolstad, R. E. (Ed.). Current

protocols in food analytical chemistry. New York: John Wiley & Sons, Unit. F1.2, p. 1-13, 2001.

ERKAN, M.; WANG, S.Y.; WANG, C.Y. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 2007.

HÄKKINEN, S.H.; TÖRRÖNEN, A.R. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. **Food Research International**, v. 33, p. 517 – 524, 2000.

KALT, W.; FORNEY, C.F.; MARTIN, A.; PRIOR, R.L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 4638 - 4644, 1999.

KIM, D-O.; LEE, K.W.; LEE, H.J.; LEE, C.Y. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3713 - 3717, 2002.

KIRCHHOFF, V.W.J.H.; ECHER, E.; LEME, N.P.; SILVA, A.A. A variação sazonal da radiação ultravioleta solar biologicamente ativa. **Brazilian Journal of Geophysics**, v.18, p.63-74, 2000.

KLIMOV, S.V.; BURAKHANOVA, E.A.; DUBININA, I.M.; ALIEVA, G.P.; SAL'NIKOVA, E.B.; OLENICHENKO, N.A. Suppression of the source activity affects carbon distribution and frost hardiness of vegetating winter wheat plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 55, p. 308–314, 2008.

KOVAČEVIĆ, D. B.; VAHČIĆ, N.; LEVAJ, B.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V. The effect of cultivar and cultivation on sensory profiles of fresh strawberries and their purées. **Flavour Fragrance Journal**, v. 23, p. 323–332, 2008.

LIU, M.; LI, X.Q.; WEBER, C.; LEE, C.Y.; BROWN, J.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 2926 – 2930, 2002.

MÄÄTTÄ-RIIHINEN, K.R.; KAMAL-ELDIN, A.; MATTILA, P.H.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A.M.; TÖRRÖNEN, A.R. Distribution and contents of phenolics

compounds in Eighteen Scandinavian berry species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p.4477 - 4486, 2004.

MERCADO-SILVA, E.; BENITO-BAUTISTA, P.; GARCÍA-VELASCO, M. de los A. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in Central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, v.13, p.143 - 150, 1998.

MEYERS, K.J.; WATKINS, C.B.; PRITTS M.P.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6887 – 6892, 2003.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extration and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromathography**, v. 1054, p. 95-111, 2006.

OLSSON, M.E., ANDERSSON, C.S., OREDSSON, S., BERGLUND, R.H., GUSTAVSSON, K. Antioxidant Levels and Inhibition of Cancer Cell Proliferation in Vitro by Extracts from Organically and Conventionally Cultivated Strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 1248 - 1255, 2006.

PIETTA, P.G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, p. 1035 - 1042, 2000.

PINTO, M.S., LAJOLO, F.M., GENOVESE, M.I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria X ananassa* Duch.). **Food Chemistry**, v. 107, p. 1629 – 1635, 2008.

ROSEN, C.J.; ALLAN, D.L., Exploring the benefits of organic nutrient sources for crop production and soil quality: a review. **HortTechnology**, v. 17, p. 422 – 430, 2007.

ROSSI, J.A.J.; SINGLETON, V.L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144 - 158, 1965.

SHIN, Y.; LIU, R.H.; NOCK, J.F. HOLLIDAY, D.; WATKINS, C.B. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 349 – 357, 2007.

UBI, B.E.; HONDA, C.; BESSHO, H.; KONDO, S.; WADA, M.; KOBAYASHI, S.; MORIGUCHI, T. Expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in apple skin: Effect of UV-B and temperature. **Plant Science**, v. 170, p. 571 - 578, 2006.

WANG, S.Y.; LIN, H.S. Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 5, p. 6844 - 6850, 2000.
